HISTOIRE NATURELLE.

MATIÈRES GÉNÉRALES.

TOME CINQUIÈME.

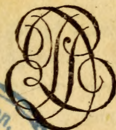
HISTOIRE NATURELLE

PAR BUFFON,

DEDIÉE AU CITOYEN LACEPEDE,
MEMBRE DE L'INSTITUT NATIONAL.

MATIERES GÉNÉRALES.

TOME CINQUIEME.





A PARIS,

A LA LIBRAIRIE STÉRÉOTYPE
DE P. DIDOT L'AINÉ, GALERIES DU LOUVRE, N° 3,
ET FIRMIN DIDOT, RUE DE THIONVILLE, N° 116.

AN VII. — 1799.

HISTOIRE NATURELLE.

SECOND MÉMOIRE.

Suite des expériences sur le progrès de la chaleur dans les différentes substances minérales.

J'AI fait faire un grand nombre de globes, tous d'un pouce de diamètre, le plus précisément qu'il a été possible, des matières suivantes, qui peuvent représenter ici à peu près le règne minéral.

	onces.	gros.	grains.
Or le plus pur, affiné par les soins de M. Tillet, de l'académie des sciences, qui a fait travailler ce globe à ma prière, pèse	6	2	17.

	onces.	gros.	grains.
Plomb, pèse	3	6	28.
Argent le plus pur, travaillé de même, pèse	3	3	22.
Bismuth, pèse.	3	0	3.
Cuivre rouge, pèse	2	7	56.
Fer, pèse	2	5	10.
Étain, pèse	2	3	48.
Antimoine fondu, et qui avoit de petites cavités à sa surface, pèse	2	1	34.
Zinc, pèse.	2	1	2.
Emeril, pèse	1	2	24 ½.
Marbre blanc, pèse	1	0	25.
Grès pur, pèse	0	7	24.
Marbre commun de Montbard, pèse	0	7	20.
Pierre calcaire dure et grise de Montbard, pèse.	0	7	20.
Gypse blanc improprement appelé *albâtre*, pèse.	0	6	36.
Pierre calcaire blanche, statuaire, de la carrière d'Anières près de Dijon, pèse.	0	6	36.

Crystal de roche : il étoit un peu trop petit, et il y avoit plusieurs défauts et quelques petites

	onces.	gros.	grains.
fêlures à sa surface; je présume que, sans cela, il auroit pesé plus d'un gros de plus : il pèse. . . .	0	6	22.
Verre commun, pèse	0	6	21.
Terre glaise pure non cuite, mais très-sèche, pèse	0	6	16.
Ocre, pèse	0	5	9.
Porcelaine de M. le comte de Lauraguais, pèse	0	5	2 ½.
Craie blanche, pèse.	0	4	49.
Pierre ponce avec plusieurs petites cavités à sa surface, pèse,	0	1	69.
Bois de cerisier, qui, quoique plus léger que le chêne et la plupart des autres bois, est celui de tous qui s'altère le moins au feu, pèse	0	1	55.

Je dois avertir qu'il ne faut pas compter assez sur les poids rapportés dans cette table, pour en conclure la pesanteur spécifique exacte de chaque matière; car quelque précaution que j'aie prise pour rendre les globes égaux, comme il a fallu employer des ouvriers de différens métiers, les uns me les ont rendus trop gros, et les autres trop petits. On a diminué ceux qui avoient plus d'un

pouce de diamètre; mais quelques uns qui étoient un tant soit peu trop petits, comme ceux de crystal de roche, de verre et de porcelaine, sont demeurés tels qu'ils étoient : j'ai seulement rejeté ceux d'agate, de jaspe, de porphyre et de jade, qui étoient sensiblement trop petits. Néanmoins ce degré de précision de grosseur, très-difficile à saisir, n'étoit pas absolument nécessaire; car il ne pouvoit changer que très-peu le résultat de mes expériences.

Avant d'avoir commandé tous ces globes d'un pouce de diamètre, j'avois exposé à un même degré de feu une masse quarrée de fer et une autre de plomb de deux pouces dans toutes leurs dimensions, et j'avois trouvé, par des essais réitérés, que le plomb s'échauffoit plus vîte et se refroidissoit en beaucoup moins de temps que le fer : je fis la même épreuve sur le cuivre rouge; il faut aussi plus de temps pour l'échauffer et pour le refroidir qu'il n'en faut pour le plomb, et moins que pour le fer : en sorte que de ces trois matières, le fer me parut celle qui est la moins accessible à la chaleur, et en même temps celle qui la retient le plus long-temps.

Ceci me fit connoître que la loi du progrès de la chaleur, c'est-à-dire, de son entrée et de sa sortie dans les corps, n'étoit point du tout proportionnelle à leur densité, puisque le plomb, qui est plus dense que le fer et le cuivre, s'échauffe néanmoins et se refroidit en moins de temps que ces deux autres métaux. Comme cet objet me parut important, je fis faire mes petits globes, pour m'assurer plus exactement, sur un grand nombre de différentes matières, du progrès de la chaleur dans chacune. J'ai toujours placé les globes à un pouce de distance les uns des autres devant le même feu, ou dans le même four, deux ou trois, ou quatre ou cinq, etc. ensemble pendant le même temps, avec un globe d'étain au milieu des autres. Dans la plupart des expériences, je les laissois exposés à la même action du feu, jusqu'à ce que le globe d'étain commençoit à fondre, et, dans ce moment, on les enlevoit tous ensemble, et on les posoit sur une table dans de petites cases préparées pour les recevoir; je les y laissois refroidir sans les bouger, en essayant assez souvent de les toucher, au moment qu'ils commençoient à ne plus brûler

les doigts, et que je pouvois les tenir dans ma main pendant une demi-seconde; je marquois le nombre des minutes qui s'étoient écoulées depuis qu'ils étoient retirés du feu : ensuite je les laissois tous refroidir au point de la température actuelle, dont je tâchois de juger par le moyen d'autres petits globes de même matière qui n'avoient pas été chauffés, et que je touchois en même temps que ceux qui se refroidissoient. De toutes les matières que j'ai mises à l'épreuve, il n'y a que le soufre qui fond à un moindre degré de chaleur que l'étain; et, malgré la mauvaise odeur de sa vapeur, je l'aurois pris pour terme de comparaison : mais comme c'est une matière friable, et qui se diminue par le frottement, j'ai préféré l'étain, quoiqu'il exige près du double de chaleur pour se fondre, de celle qu'il faut pour fondre le soufre.

I.

Par une première expérience, le boulet de plomb et le boulet de cuivre chauffés pendant le même temps se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir dans la main pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température actuelle.*	minutes.
Plomb, en......	8.	En...........	23.
Cuivre, en......	12.	En...........	35.

II.

Ayant fait chauffer ensemble, au même feu, des boulets de fer, de cuivre, de plomb, d'étain, de grès et de marbre de Montbard, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température actuelle.*	minutes.
Étain, en.......	6 ½.	En...........	16.
Plomb, en.......	8.	En...........	17.
Grès, en........	9.	En...........	19.
Marbre commun, en..	10.	En...........	21.
Cuivre, en......	11 ½.	En...........	30.
Fer, en.........	13.	En...........	38.

III.

Par une seconde expérience à un feu plus ardent et au point d'avoir fondu le boulet d'étain, les cinq autres boulets se sont refroidis dans les proportions suivantes :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Plomb en........	10 ½.	En............	42.
Grès, en.........	12 ½.	En............	46.
Marbre commun, en.	13 ½.	En............	50.
Cuivre, en.......	19 ½.	En............	51.
Fer, en..........	23 ½.	En............	54.

I V.

Par une troisième expérience, à un degré de feu moindre que le précédent, les mêmes boulets, avec un nouveau boulet d'étain, se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en.......	7 ½.	En............	25.
Plomb, en......	9 ½.	En............	35.
Grès, en.........	10 ½.	En............	37.
Marbre commun, en.	12.	En............	39.
Cuivre, en......	14.	En............	44.
Fer, en.........	17.	En............	50.

De ces expériences, que j'ai faites avec autant de precision qu'il m'a été possible, on peut conclure :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre,

au point de les tenir :: 53 $\frac{1}{2}$: 45, et au point de la température :: 142 : 125.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du premier refroidissement du marbre commun :: 53 $\frac{1}{2}$: 35 $\frac{1}{2}$, et au point de leur refroidissement entier :: 142 : 110.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du grès, au point de pouvoir les tenir :: 53 $\frac{1}{2}$: 32, et :: 142 : 102 $\frac{1}{2}$ pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir :: 53 $\frac{1}{2}$: 27, et :: 142 : 94 $\frac{1}{2}$ pour leur entier refroidissement.

V.

COMME il n'y avoit que deux expériences pour la comparaison du fer à l'étain, j'ai voulu en faire une troisième, dans laquelle l'étain s'est refroidi à le tenir dans la main en 8 minutes; et en entier, c'est-à-dire, à la température, en 32 minutes; et le fer s'est refroidi à le tenir sur la main en 18 minutes, et refroidi en entier en 48 minutes;

au moyen de quoi la proportion trouvée par trois expériences, est :

1°. Pour le premier refroidissement du fer comparé à celui de l'étain :: 48 : 22, et :: 136 : 73 pour leur entier refroidissement.

2°. Que les temps du refroidissement du cuivre sont à ceux du refroidissement du marbre commun :: 45 : 35 $\frac{1}{2}$ pour le premier refroidissement, et :: 125 : 110 pour le refroidissement à la température.

3°. Que les temps du refroidissement du cuivre sont à ceux du refroidissement du grès :: 45 : 33 pour le premier refroidissement, et :: 125 : 102 pour le refroidissement à la température actuelle.

4°. Que les temps du refroidissement du cuivre sont à ceux du refroidissement du plomb :: 45 : 27 pour le premier refroidissement, et :: 125 : 94 $\frac{1}{2}$ pour le refroidissement entier.

V I.

Comme il n'y avoit, pour la comparaison du cuivre et de l'étain, que deux expériences, j'en ai fait une troisième, dans

laquelle le cuivre s'est refroidi à le tenir dans la main en 18 minutes, et en entier en 49 minutes; et l'étain s'est refroidi au premier point en 8 $\frac{1}{2}$ minutes, et au dernier en 30 minutes; d'où l'on peut conclure :

1°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: 43 $\frac{1}{2}$: 22 $\frac{1}{2}$, et :: 123 : 71 pour leur entier refroidissement.

2°. On peut de même conclure des expériences précédentes, que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement du grès, au point de pouvoir les tenir :: 36 $\frac{1}{2}$: 32, et :: 110 : 102 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 36 $\frac{1}{2}$: 28, et :: 110 : 94 $\frac{1}{2}$ pour le refroidissement entier.

VII.

COMME il n'y avoit, pour la comparaison du marbre commun et de l'étain, que deux expériences, j'en ai fait une troisième, dans

laquelle l'étain s'est refroidi, à le tenir dans la main, en 9 minutes, et le marbre en 11 minutes; et l'étain s'est refroidi en entier en 22 ½ minutes, et le marbre en 33 minutes. Ainsi les temps du refroidissement du marbre sont à ceux du refroidissement de l'étain, :: 33 : 24 ½ pour le premier refroidissement, et :: 93 : 64 pour le second refroidissement.

VIII.

Comme il n'y avoit que deux expériences pour la comparaison du grès et du plomb avec l'étain, j'en ai fait une troisième en faisant chauffer ensemble ces trois boulets de grès, de plomb et d'étain, qui se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Étain, en.......	7 ½.	En...........	23.
Plomb, en......	8 ½.	En...........	27.
Grès, en........	10 ½.	En...........	28.

Ainsi on peut en conclure :

1°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'é-

tain, au point de pouvoir les tenir :: 25 ½ : 21 ½, et :: 79 ½ : 64 pour le refroidissement entier.

2°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: 30 : 21 ½, et :: 84 : 64 pour leur entier refroidissement.

3°. De même on peut conclure, par les quatre expériences précédentes, que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 42 ½ : 35 ½, et :: 130 : 121 ½ pour leur entier refroidissement.

IX.

DANS un four chauffé au point de fondre l'étain, quoique toute la braise et les cendres en eussent été retirées, j'ai fait placer sur un support de fer-blanc traversé de fil-de-fer, cinq boulets éloignés les uns des autres d'environ neuf lignes, après quoi on a fermé le four; et les ayant retirés au bout de 15 minutes, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain fondu par sa partie d'en bas, en	8.	En	24.
Argent, en	14.	En	40.
Or, en	15.	En	46.
Cuivre, en	16 ½.	En	50.
Fer, en	18.	En	56.

X.

Dans le même four, mais à un moindre degré de chaleur, les mêmes boulets avec un autre boulet d'étain se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en	7.	En	20.
Argent, en	11.	En	31.
Or, en	12 ½.	En	40.
Cuivre, en	14.	En	43.
Fer, en	16 ½.	En	47.

X I.

Dans le même four, et à un degré de chaleur encore moindre, les mêmes boulets

se sont refroidis dans les proportions suivantes :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en.......	6.	En...........	17.
Argent, en......	9.	En...........	26.
Or, en..........	9 ½.	En...........	28.
Cuivre, en......	10.	En...........	31.
Fer, en.........	11.	En...........	35.

On doit conclure de ces expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre, au point de les tenir :: 11 + 16 ½ + 18 : 10 + 14 + 16 ½, ou :: 45 ½ : 40 ½ par les trois expériences présentes; et comme ce rapport a été trouvé par les expériences précédentes (article IV) :: 53 ½ : 45, on aura, en ajoutant ces temps, 99 à 85 ½ pour le rapport encore plus précis du premier refroidissement du fer et du cuivre; et pour le second, c'est-à-dire, pour le refroidissement entier, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 35 + 47 + 56 : 31 + 43 + 50, ou :: 138 : 24, et :: 142 : 125 par les expériences précédentes (article IV), on aura, en

ajoutant ces temps, 280 à 249 pour le rapport encore plus précis du refroidissement entier du fer et du cuivre.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir :: 45 $\frac{1}{2}$: 37, et au point de la température :: 138 : 114.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir :: 45 $\frac{1}{2}$: 34, et au point de la température :: 138 : 97.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: 45 $\frac{1}{2}$: 21 par les présentes expériences, et :: 24 : 11 par les expériences précédentes (article V). Ainsi l'on aura, en ajoutant ces temps, 69 $\frac{1}{2}$ à 32 pour le rapport encore plus précis de leur refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 138 : 61, et par les expériences précédentes (article V) :: 136 : 73, on aura, en ajoutant ces temps, 274 à 134 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'étain.

5°. Que le temps du refroidissement du

cuivre est à celui de l'or, au point de pouvoir les tenir :: $40\frac{1}{2}$: 37, et :: 124 : 114 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir :: $40\frac{1}{2}$: 34, et :: 124 : 97 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: $40\frac{1}{2}$: 21 par les présentes expériences, et :: $43\frac{1}{2}$: $22\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (article VI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 84 à $43\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 124 : 61, et :: 123 : 71 par les expériences précédentes (art. VI), on aura, en ajoutant ces temps, 247 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et de l'étain.

8°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir :: 37

: 34, et :: 114 : 97 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: 37 : 21, et :: 114 : 61 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: 34 : 21, et :: 97 : 61 pour leur entier refroidissement.

XII.

Ayant mis dans le même four cinq boulets, placés de même, et séparés les uns des autres, leur refroidissement s'est fait dans les proportions suivantes :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en...	6 ½.	En...........	25.
Bismuth, en.....	7.	En...........	26.
Plomb, en......	8.	En...........	27.
Zinc, en........	10 ½.	En...........	30.
Émeril, en......	11 ½.	En...........	38.

XIII.

AYANT répété cette expérience avec un degré de chaleur plus fort, et auquel l'étain et le bismuth se sont fondus, les autres boulets se sont refroidis dans la progression suivante :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en...	7 $\frac{1}{2}$.	En............	28.
Plomb, en......	9 $\frac{1}{3}$.	En............	39.
Zinc, en.........	14.	En............	44.
Émeril, en......	16.	En............	50.

XIV.

ON a placé dans le même four et de la même manière un autre boulet de bismuth, avec six autres boulets, qui se sont refroidis dans la progression suivante :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en...	6.	En............	23.
Bismuth, en.....	6.	En............	25.
Plomb, en......	7 $\frac{1}{2}$.	En............	28.
Argent, en......	9 $\frac{1}{2}$.	En............	30.
Zinc, en.........	10 $\frac{1}{2}$.	En............	32.
Or, en..........	11.	En............	32.
Émeril, en......	13 $\frac{1}{2}$.	En............	39.

X V.

Ayant répété cette expérience avec les sept mêmes boulets, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en...	6 $\frac{1}{2}$.	En...........	23.
Bismuth, en....	7 $\frac{1}{2}$.	En...........	31.
Plomb, en......	7 $\frac{1}{2}$.	En...........	29.
Argent, en......	11 $\frac{1}{2}$.	En...........	32.
Zinc, en........	13 $\frac{1}{2}$.	En...........	38.
Or, en.........	14.	En...........	41.
Émeril, en......	15.	En...........	44.

Toutes ces expériences ont été faites avec soin, et en présence de deux ou trois personnes, qui ont jugé comme moi par le tact, et en serrant dans la main pendant une demi-seconde les différens boulets. Ainsi l'on doit en conclure :

1°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir :: 28 $\frac{1}{2}$: 25, et :: 83 : 73 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de

l'émeril est à celui du refroidissement du zinc, au point de pouvoir les toucher :: 56 : 48 $\frac{1}{2}$, et :: 171 : 144 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir :: 28 $\frac{1}{2}$: 21, et :: 83 : 62 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir :: 56 : 32 $\frac{1}{2}$, et :: 171 : 123 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir :: 40 : 20 $\frac{1}{2}$, et :: 121 : 80 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir :: 56 : 26 $\frac{1}{2}$, et à la température :: 171 : 99.

7°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du zinc,

au point de les tenir :: 25 : 24, et :: 73 : 70 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir :: 25 : 21 par les présentes expériences, et :: 37 : 34 par les expériences précédentes (art XI). Ainsi l'on aura, en ajoutant ces temps, 62 à 55 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 73 : 62, et :: 114 : 97 par les expériences précédentes (art. XI), on aura, en ajoutant ces temps, 187 à 159 pour le rapport plus précis de leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 25 : 15, et :: 73 : 57 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir :: 25 : 13 $\frac{1}{2}$, et :: 73 : 56 pour leur entier refroidissement.

11°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'anti-

moine, au point de les tenir :: 25 : 12 $\frac{1}{2}$, et :: 73 : 46 pour leur entier refroidissement.

12°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir :: 24 : 21, et :: 70 : 62 pour leur entier refroidissement.

13°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 48 $\frac{1}{2}$: 32 $\frac{1}{2}$, et :: 144 : 123 pour leur entier refroidissement.

14°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir :: 34 $\frac{1}{2}$: 20 $\frac{1}{2}$, et :: 100 : 80 pour leur entier refroidissement.

15°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir :: 48 $\frac{1}{2}$: 26 $\frac{1}{2}$, et à la température :: 144 : 99.

16°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir :: 21 : 13 $\frac{1}{2}$, et :: 62 : 56 pour leur entier refroidissement.

17°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir :: 21 : 12 $\frac{1}{2}$, et :: 62 : 46 pour leur entier refroidissement.

18°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir :: 23 : 20 $\frac{1}{2}$, et :: 84 : 80 pour leur entier refroidissement.

19°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les toucher :: 32 $\frac{1}{2}$: 26 $\frac{1}{2}$, et à la température :: 123 : 99.

20°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir :: 20 $\frac{1}{2}$: 19, et :: 80 : 71 pour leur entier refroidissement.

Je dois observer qu'en général, dans toutes ces expériences, les premiers rapports sont bien plus justes que les derniers, parce qu'il est difficile de juger du refroidissement jusqu'à la température actuelle, et que cette température étant variable, les résultats doivent varier aussi ; au lieu que le point du premier refroidissement peut être saisi assez juste par la sensation que produit sur la même

main la chaleur du boulet, lorsqu'on peut le tenir ou le toucher pendant une demi-seconde.

X V I.

Comme il n'y avoit que deux expériences pour la comparaison de l'or avec l'émeril, le zinc, le plomb, le bismuth et l'antimoine; que le bismuth s'étoit fondu en entier, et que le plomb et l'antimoine étoient fort endommagés, je me suis servi d'autres boulets de bismuth, d'antimoine et de plomb, et j'ai fait une troisième expérience en mettant ensemble dans le même four bien chauffé ces deux boulets : ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en...	7.	En...........	27.
Bismuth, en.....	8.	En...........	29.
Plomb, en.......	9.	En...........	33.
Zinc, en........	12.	En...........	37.
Or, en..........	13.	En...........	42.
Émeril, en......	15 $\frac{1}{2}$.	En...........	48.

D'où l'on doit conclure, ainsi que des

expériences XIV et XV, 1°. que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir :: 44 : 38, et au point de la température :: 131 : 115.

2°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du zinc, au point de pouvoir les tenir, :: 15 $\frac{1}{2}$: 12. Mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (article XV) étant :: 56 : 48 $\frac{1}{2}$, on aura, en ajoutant ces temps, 71 $\frac{1}{2}$ à 60 $\frac{1}{2}$ pour leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport trouvé par l'expérience présente, étant :: 48 : 37, et par les expériences précédentes (art. XV), :: 171 : 144, ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 239 à 181 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du zinc.

3°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 15 $\frac{1}{2}$: 9. Mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (art. XV) étant :: 56 : 32 $\frac{1}{2}$, ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 71 $\frac{1}{2}$ à 41 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement : et pour le second,

le rapport donné par l'expérience précédente étant :: 48 : 33, et par les expériences précédentes (art. XV) :: 171 : 123, on aura, en ajoutant ces temps, 239 à 156 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du plomb.

4°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir :: 15 $\frac{1}{2}$: 8, et par les expériences précédentes (art. XV) :: 40 : 20 $\frac{1}{2}$. Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 55 $\frac{1}{2}$ à 28 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 48 : 29, et :: 121 : 80 par les expériences précédentes (art. XV), on aura, en ajoutant ces temps, 169 à 109 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du bismuth.

5°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: 15 $\frac{1}{2}$: 7. Mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (art. XV) étant :: 56 : 26 $\frac{1}{2}$, on aura, en ajoutant ces temps, 71 $\frac{1}{2}$ à 33 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de

leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 48 : 27, et :: 171 : 99 par les expériences précédentes (art. XV), on aura, en ajoutant ces temps, 219 à 126 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et de l'antimoine.

6°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du zinc, au point de pouvoir les tenir :: 38 : 36, et :: 115 : 107 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du plomb, au point de les toucher :: 38 : 24, et à la température :: 115 : 90.

8°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir :: 38 : 21 $\frac{1}{2}$, et à la température :: 115 : 85.

9°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les toucher :: 38 : 19 $\frac{1}{2}$, et à la température :: 115 : 69.

10°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 12 : 9.

Mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (art. XV) étant :: 48 ½ : 32 ½, on aura, en ajoutant ces temps, 60 ½ à 41 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 37 : 33, et par les expériences précédentes (art. XV) :: 144 : 123, on aura, en ajoutant ces temps, 181 à 156 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du plomb.

11°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les toucher, :: 12 : 8 par la présente expérience. Mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (article XV) étant :: 34 ½ : 20 ½; en ajoutant ces temps, on aura 46 ½ à 28 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 37 : 29, et par les expériences précédentes (art. XV) :: 100 : 80, on aura, en ajoutant ces temps, 137 à 109 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du bismuth.

12°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, pour pouvoir les tenir, :: 12 : 7 par la présente expérience. Mais comme le rapport trouvé par les expériences précédentes (art. XV) est :: 48 $\frac{1}{2}$: 26 $\frac{1}{2}$, on aura, en ajoutant ces temps, 60 $\frac{1}{2}$ à 33 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 37 : 27, et :: 144 : 99 par les expériences précédentes (art. XV), on aura, en ajoutant ces temps, 181 à 126 pour le rapport plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'antimoine.

13°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir, :: 9 : 8 par l'expérience présente, et :: 23 : 20 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 32 à 28 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 33 : 29, et :: 84 : 80 par les expériences précédentes (art. XV), on aura, en ajoutant

ces temps, 117 à 109 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et du bismuth.

14°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 9 : 7 par la présente expérience, et :: 32 $\frac{1}{2}$: 26 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 41 $\frac{1}{2}$ à 33 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 33 : 27, et :: 123 : 99 par les expériences précédentes (art. XV), on aura, en ajoutant ces temps, 156 à 126 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de l'antimoine.

15°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: 8 : 7 par l'expérience présente, et :: 20 $\frac{1}{2}$: 19 par les expériences précédentes (art. XV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 28 $\frac{1}{2}$ à 26 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant

:: 29 : 27, et :: 80 : 71 par les expériences précédentes (art. XV), on aura, en ajoutant ces temps, 109 à 98 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth et de l'antimoine.

XVII.

COMME il n'y avoit de même que deux expériences pour la comparaison de l'argent avec l'émeril, le zinc, le plomb, le bismuth et l'antimoine, j'en ai fait une troisième, en mettant dans le même four, qui s'étoit un peu refroidi, les six boulets ensemble; et, après les en avoir tirés tous en même temps, comme on l'a toujours fait, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en...	6.	En...........	29.
Bismuth, en.....	7.	En...........	31.
Plomb, en......	8 $\frac{1}{4}$.	En...........	34.
Argent, en......	11 $\frac{1}{2}$.	En...........	36.
Zinc, en........	12 $\frac{1}{2}$.	En...........	39.
Émeril, en......	15 $\frac{1}{2}$.	En...........	47.

On doit conclure de cette expérience et de celles des articles XIV et XV :

1°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du zinc, au point de les tenir, par l'expérience présente :: $15\frac{1}{2}$: $12\frac{1}{2}$, et :: $71\frac{1}{2}$: $60\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 87 à 73 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 39, et par les expériences précédentes (art. XVI) :: 239 : 181, on aura, en ajoutant ces temps, 286 à 220 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du zinc.

2°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'argent, :: 44 : $32\frac{1}{2}$ au point de les tenir, et :: 130 : 98 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir, :: $15\frac{1}{2}$: $8\frac{1}{2}$ par l'expérience présente, et :: $71\frac{1}{2}$: $41\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 87 à $49\frac{3}{4}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport

donné par l'expérience présente étant :: 47 : 34, et :: 239 : 156 par les expériences précédentes (art. XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 286 à 190 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du plomb.

4°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir, :: 15 $\frac{1}{2}$: 7 par l'expérience présente, et :: 55 $\frac{1}{2}$: 28 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 71 à 35 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 31, et :: 169 : 109 par les expériences précédentes (art. XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 216 à 140 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du bismuth.

5°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 15 $\frac{1}{2}$: 6 par l'expérience présente, et :: 71 $\frac{1}{2}$: 33 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XVI). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 87 à 39 $\frac{1}{2}$ pour

le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 29, et par les expériences précédentes (article XVI) :: 219 : 126, on aura, en ajoutant ces temps, 266 à 155 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et de l'antimoine.

6°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir :: 36 $\frac{1}{2}$: 32, et :: 109 : 98 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 12 $\frac{1}{2}$: 8 $\frac{1}{2}$ par l'expérience présente, et :: 60 $\frac{1}{2}$: 41 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 73 à 49 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 39 : 33, et par les expériences précédentes (art. XVI) :: 181 : 156, on aura, en ajoutant ces temps, 220 à 189 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du plomb.

8°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir, :: 12 ½ : 7 par la présente expérience, et :: 46 ½ : 28 ½ par les expériences précédentes (article XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 à 35 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 39 : 31, et :: 137 : 109 par les expériences précédentes (art. XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 176 à 140 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du bismuth.

9°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 12 ½ : 6 par la présente expérience, et :: 60 ½ : 33 ½ par les expériences précédentes (art. XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 73 à 39 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport trouvé par l'expérience présente étant :: 39 : 29, et :: 181 : 126 par les expériences précédentes (art. XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 220 à 155 pour le rapport encore

plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'antimoine.

10°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 32 ½ : 23 ¼, et :: 98 : 90 pour leur entier refroidissement.

11°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir :: 32 ½ : 20 ½, et :: 98 : 87 pour leur entier refroidissement.

12°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir :: 32 ½ : 18 ½, et :: 98 : 75 pour leur entier refroidissement.

13°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir, :: 8 ¼ : 7 par la présente expérience, et :: 32 : 28 ½ par les expériences précédentes (art. XVI). On aura, en ajoutant ces temps, 40 ¼ à 35 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 34 : 31, et :: 117 : 109 par les expériences précé-

dentes (art. XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 141 à 140 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et du bismuth.

14°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: $8\frac{1}{4}$: 6 par l'expérience présente, et par les expériences précédentes (art. XVI) :: $41\frac{1}{2}$: $33\frac{1}{2}$. Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $49\frac{3}{4}$ à $39\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 34 : 29, et :: 156 : 126 par les expériences précédentes (art. XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 190 à 155 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de l'antimoine.

15°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: 7 : 6 par la présente expérience, et :: $28\frac{1}{2}$: 26 par les expériences précédentes (article XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $35\frac{1}{2}$ à 32 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et

pour le second, le rapport donné de la présente expérience étant :: 31 : 29, et :: 109 : 98 par les expériences précédentes (article XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 127 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth et de l'antimoine.

XVIII.

On a mis dans le même four un boulet de verre, un nouveau boulet d'étain, un de cuivre et un de fer, pour en faire une première comparaison, et ils se sont refroidis dans l'ordre suivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en.......	8.	En...........	17.
Verre, en.......	8 $\frac{1}{2}$.	En...........	22.
Cuivre, en......	14.	En...........	42.
Fer, en.........	16.	En...........	50.

XIX.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en.......	7 ½.	En...........	21.
Verre, en.......	8.	En...........	23.
Cuivre, en......	12.	En...........	36.
Fer, en.........	15.	En...........	47.

XX.

PAR une troisième expérience, les boulets chauffés pendant un plus long temps, mais à une chaleur un peu moindre, se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en.......	8 ½.	En...........	22.
Verre, en.......	9.	En...........	24.
Cuivre, en......	15.	En...........	43.
Fer, en.........	17.	En...........	46.

XXI.

PAR une quatrième expérience répétée, les mêmes boulets chauffés à un feu plus ardent se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde. minutes.		*Refroidis à la température.* minutes.	
Étain, en.......	8 $\frac{1}{2}$.	En...........	25.
Verre, en.......	9.	En...........	25.
Cuivre, en......	11 $\frac{1}{2}$.	En...........	35.
Fer, en.........	14.	En...........	43.

Il résulte de ces expériences répétées quatre fois :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre, au point de les tenir, :: 62 : 52 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 99 : 85 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (article XI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 161 à 138 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 186 : 156, et par les expériences précédentes (article XI) :: 280 : 249, on aura, en ajoutant ces temps, 466 à 405 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du cuivre.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du verre,

au point de les tenir :: 62 : 34 $\frac{1}{2}$, et :: 186 : 97 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir, :: 62 : 32 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 69 $\frac{1}{2}$: 32 par les expériences précédentes (article XI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 131 $\frac{1}{2}$ à 64 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 186 : 92, et :: 274 : 134 par les expériences précédentes (article XI), on aura, en ajoutant ces temps, 460 à 226 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'étain.

4°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 51 $\frac{1}{2}$: 34 $\frac{1}{2}$, et :: 157 : 97 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir, :: 52 $\frac{1}{2}$: 32 $\frac{1}{2}$ par les expériences présentes, et :: 84 : 43 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (article XI). Ainsi on aura, en ajoutant

ces temps, 136 $\frac{1}{2}$ à 76 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 157 : 92, et par les expériences précédentes (article XI) :: 247 : 132, on aura, en ajoutant ces temps, 304 à 224 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et de l'étain.

6°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 24 $\frac{1}{2}$: 32 $\frac{1}{2}$, et :: 97 : 92 pour leur entier refroidissement.

XXII.

On a fait chauffer ensemble les boulets d'or, de verre, de porcelaine, de gypse et de grès; ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.......	5.	En...........	14.
Porcelaine, en...	8 $\frac{1}{2}$.	En...........	25.
Verre, en.......	9.	En...........	26.
Grès, en........	10.	En...........	32.
Or, en..........	14 $\frac{1}{2}$.	En...........	45.

XXIII.

La même expérience répétée sur les mêmes boulets, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en......	4.	En...........	13.
Porcelaine, en...	7.	En...........	22.
Verre, en.......	9 ½.	En...........	24.
Gres, en........	9 ½.	En...........	33.
Or, en.........	13 ½.	En...........	41.

XXIV.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.......	2 ½.	En...........	12.
Porcelaine, en...	5 ½.	En...........	19.
Verre, en.......	8 ½.	En...........	20.
Grès, en........	8 ½.	En...........	25.
Or, en.........	10.	En...........	32.

Il résulte de ces trois expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de

l'or est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir :: 38 : 28, et :: 118 : 90 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 38 : 27, et :: 118 : 70 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir :: 38 : 21, et :: 118 : 66 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 38 : 12 $\frac{1}{2}$, et :: 118 : 39 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 28 $\frac{1}{2}$: 27, et :: 90 : 70 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de pouvoir les tenir :: 28 $\frac{1}{2}$: 21, et :: 90 : 66 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du gypse,

au point de les tenir :: 28 ½ : 12 ½, et :: 90 : 39 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir :: 27 : 21, et :: 70 : 66 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 27 : 12 ½, et :: 70 : 39 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de la porcelaine est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 21 : 12 ½, et :: 66 : 39 pour leur entier refroidissement.

XXV.

On a fait chauffer de même les boulets d'argent, de marbre commun, de pierre dure, de marbre blanc et de pierre calcaire tendre d'Anières, près de Dijon.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Pierre calc. tendre, en	8.	En...........	25.
Pierre dure, en..	10.	En...........	34.
Marbre commun, en..	11.	En...........	35.
Marbre blanc, en	12.	En...........	36.
Argent, en......	13 ½.	En...........	40.

XXVI.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde. minutes.	*Refroidis à la température.* minutes.
Pierre calcaire tendre, en............ 9.	En............ 27.
Pierre calcaire dure, en............ 11.	En............ 37.
Marbre commun, en 13.	En............ 40.
Marbre blanc, en 14.	En............ 40.
Argent, en...... 16.	En............ 43.

XXVII.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde. minutes.	*Refroidis à la température.* minutes.
Pierre calcaire tendre, en............ 9.	En............ 26.
Pierre calcaire dure, en............ 10 $\frac{1}{2}$.	En............ 36.
Marbre commun, en 12 $\frac{1}{2}$.	En............ 38.
Marbre blanc, en 13 $\frac{1}{2}$.	En............ 39.
Argent, en...... 16.	En............ 42.

Il résulte de ces trois expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de les tenir :: $45\frac{1}{2}$: $39\frac{1}{2}$, et :: 125 : 115 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir :: $45\frac{1}{2}$: 36, et :: 125 : 113 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: $45\frac{1}{2}$: $31\frac{1}{2}$, et :: 125 : 107 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: $45\frac{1}{2}$: 26, et :: 125 : 78 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir :: $39\frac{1}{2}$: 36, et :: 115 : 113 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: $39 \frac{1}{2}$: $31 \frac{1}{2}$, et :: 115 : 107 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: $39 \frac{1}{2}$: 26, et :: 115 : 78 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 36 : $31 \frac{1}{2}$, et :: 113 : 109 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 36 : 26, et :: 113 : 78 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: $31 \frac{1}{2}$: 26, et :: 107 : 78 pour leur entier refroidissement.

XXVIII.

On a mis dans le même four bien chauffé, des boulets d'or, de marbre blanc, de marbre commun, de pierre dure et de pierre tendre ; ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde. minutes.	*Refroidis à la température.* minutes.
Pierre calcaire tendre, en............ 9.	En............ 29.
Marbre commun, en 11 ½.	En............ 35.
Pierre dure, en.. 11 ½.	En............ 35.
Marbre blanc, en 13.	En............ 35.
Or, en.......... 15 ½.	En............ 45.

XXIX.

La même expérience répétée à une moindre chaleur, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde. minutes.	*Refroidis à la température.* minutes.
Pierre calcaire tendre, en............ 6.	En............ 19.
Pierre dure, en.. 8.	En............ 25.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Marbre commun, en	$9 \frac{1}{2}$.	En............	26.
Marbre blanc, en	10.	En............	29.
Or, en..........	12.	En............	37.

X X X.

La même expérience répétée une troisième fois, les boulets chauffés à un feu plus ardent, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Pierre tendre, en	7.	En............	20.
Pierre dure, en..	8.	En............	24.
Marbre commun, en	$8 \frac{1}{2}$.	En............	20.
Marbre blanc, en	9.	En............	28.
Or, en..........	12.	En............	35.

Il résulte de ces trois expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de les tenir :: $39 \frac{1}{2}$: 32, et :: 117 : 92 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du marbre

commun, au point de les tenir :: 39 ½ : 29 ½, et :: 117 : 87 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 39 ½ : 27 ½, et :: 117 : 86 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 39 ½ : 22, et :: 117 : 68 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir :: 32 : 29, et :: 92 : 87 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 32 : 27 ½, et :: 92 : 84 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir

:: 32 : 22, et :: 92 : 68 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 29 : 27 $\frac{1}{2}$, et :: 87 : 84 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 29 : 22, et :: 87 : 68 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 27 $\frac{1}{2}$: 22, et :: 84 : 68 pour leur entier refroidissement.

XXXI.

On a mis dans le même four les boulets d'argent, de grès, de verre, de porcelaine et de gypse; ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Gypse, en.......	3.	En...........	14.
Porcelaine, en...	6 ½.	En...........	17.
Verre, en.......	8 ¼.	En...........	20.
Grès, en........	9.	En...........	27.
Argent, en......	12 ½.	En...........	35.

XXXII.

La même expérience répétée, et les boulets chauffés à une chaleur moindre, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Gypse, en......	3.	En............	13.
Porcelaine, en...	7.	En............	19.
Verre, en.......	8 ½.	En............	22.
Grès, en........	9 ½.	En............	26.
Argent, en......	12.	En............	34.

XXXIII.

La même expérience répétée une troisième fois, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.......	3.	En...........	12.
Porcelaine, en...	6.	En...........	17.
Verre, en.......	7 $\frac{1}{4}$.	En...........	20.
Grès, en........	8.	En...........	27.
Argent, en......	11 $\frac{1}{2}$.	En...........	34.

Il résulte de ces trois expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir :: 36 : 26 $\frac{1}{2}$, et :: 103 : 80 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 36 : 25, et :: 103 : 62 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir :: 36 : 20, et :: 103 : 54 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 36 : 9, et :: 103 : 39 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 26 $\frac{1}{2}$: 25 par les expériences présentes, et :: 28 $\frac{1}{2}$: 27 par les expériences précédentes (art. XXIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 55 à 52 pour le rapport encore plus précis de leur refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 80 : 62, et :: 90 : 70 par les expériences précédentes (art. XXIV), on aura, en ajoutant ces temps, 170 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du verre.

6°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de pouvoir les tenir, :: 26 $\frac{1}{2}$: 19 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 28 $\frac{1}{2}$: 21 par les expériences précédentes (art. XXIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 55 à 40 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 80 : 54, :: 90 : 66 par les précédentes expériences (art. XXIV), on aura, en ajoutant ces temps, 170 à 120 pour

le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et de la porcelaine.

7°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 26 $\frac{1}{2}$: 9 par les expériences présentes, et :: 28 $\frac{1}{2}$: 12 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XXIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 55 à 21 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 80 : 39, et :: 90 : 39 par les expériences précédentes (art. XXIV), on aura, en ajoutant ces temps, 170 à 78 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du gypse.

8°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir, :: 25 : 19 par les présentes expériences, et :: 27 : 21 par les expériences précédentes (art. XXIV). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 52 à 40 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 62 : 51, et :: 70 : 66 par les expé-

riences précédentes (art. XXIV), on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 117 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de la porcelaine.

9°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 25 : 9 par la présente expérience, et :: 27 : 12 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XXIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 52 à 21 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 62 : 39, et :: 70 : 39 par les expériences précédentes (art. XXIV), on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 78 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et du gypse.

10°. Que le temps du refroidissement de la porcelaine est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 19 $\frac{1}{2}$: 9 par les présentes expériences, et :: 21 : 12 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (article XXIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 40 $\frac{1}{2}$ à 21 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second,

le rapport donné par l'expérience présente étant :: 54 : 39, et par les expériences précédentes (art. XXIV) :: 66 : 39, on aura, en ajoutant ces temps, 120 à 78 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la porcelaine et du gypse.

XXXIV.

On a mis dans le même four les boulets d'or, de craie blanche, d'ocre et de glaise; ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en.......	6.	En............	15.
Ocre, en........	6 $\frac{1}{2}$.	En............	16.
Glaise, en.......	7.	En............	18.
Or, en..........	12.	En............	36.

XXXV.

La même expérience répétée avec les mêmes boulets et un boulet de plomb, leur refroidissement s'est fait dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en.......	4.	En...........	11.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Ocre, en........	5.	En...........	13.
Glaise, en.......	5 ½.	En...........	15.
Plomb, en......	7.	En...........	18.
Or, en..........	9 ½.	En...........	29.

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 9 ½ : 7 par l'expérience présente, et :: 38 : 24 par les expériences précédentes (art. XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 47 ½ à 31 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 29 : 18, et :: 115 : 90 par les expériences précédentes (art. XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 144 à 108 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et du plomb.

2°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: 21 ½ : 12 ½, et :: 65 : 33 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'ocre,

au point de les tenir :: 21 ½ : 11 ½, et :: 65 : 29 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: 21 ½ : 10, et :: 65 : 26 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir :: 7 : 5 ½, et :: 18 : 15 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir :: 7 : 5, et :: 18 : 13 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: 7 : 4, et :: 18 : 11 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir :: 12 ½ : 11 ½, et :: 33 : 29 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: 12 ½ : 10, et :: 33 : 26 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: 11 ½ : 10, et :: 29 : 26 pour leur entier refroidissement.

XXXVI.

On a mis dans le même four les boulets de fer, d'argent, de gypse, de pierre ponce et de bois, mais à un degré de chaleur moindre, pour ne point faire brûler le bois ; et ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre ponce, en.	2.	En............	5.
Bois, en.........	2.	En............	6.
Gypse, en......	2 ½.	En............	11.
Argent, en......	10.	En............	35.
Fer, en.........	13.	En............	40.

XXXVII.

La même expérience répétée à une moindre chaleur, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre ponce, en.	1 ½.	En............	4.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Bois, en........	2.	En...........	5.
Gypse, en.......	$2\frac{1}{2}$.	En...........	9.
Argent, en......	7.	En...........	24.
Fer, en.........	$8\frac{1}{2}$.	En...........	31.

Il résulte de ces expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir, :: $21\frac{1}{2}$: 17 par les présentes expériences, et :: $45\frac{1}{2}$: 34 par les expériences précédentes (art. XI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 67 à 51 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 71 : 59, et :: 138 : 97 par les expériences précédentes (art. XI), on aura, en ajoutant ces temps, 209 à 156 par le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'argent.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir :: $21\frac{1}{2}$: 5, et :: 71 : 20 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du bois, au point de pouvoir les tenir :: 21 ½ : 4, et :: 71 : 11 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de les tenir :: 21 ½ : 3 ½, et :: 71 : 9 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 17 : 5, et :: 59 : 30 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du bois, au point de pouvoir les tenir :: 17 : 4, et :: 59 : 11 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de pouvoir les tenir :: 17 : 3 ½, et :: 59 : 9 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du gypse est à celui du refroidissement du bois, au point de pouvoir les tenir :: 5 : 4, et :: 20 : 11 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement du

gypse est à celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de pouvoir les tenir :: 5 : 3 $\frac{1}{2}$, et :: 20 : 9 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement du bois est à celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de les tenir :: 4 : 3 $\frac{1}{2}$, et :: 11 : 9 pour leur entier refroidissement.

XXXVIII.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets d'or, d'argent, de pierre tendre et de gypse, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde. minutes.	*Refroidis à la température.* minutes.
Gypse, en....... 4 $\frac{1}{2}$.	En........... 14.
Pierre tendre, en 12.	En........... 27.
Argent, en...... 16.	En........... 42.
Or, en.......... 18.	En........... 47.

Il résulte de cette expérience :

1°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir :: 18 : 16 par l'expérience présente, et :: 62 : 55 par les expériences précédentes (art. XV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 98 à 71 pour le rapport plus précis de leur premier refroi-

dissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 35 : 42, et :: 187 : 159 par les expériences précédentes (article XV), on aura, en ajoutant ces temps, 234 à 201 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de l'argent.

2°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 18 : 12, et :: 39 $\frac{1}{2}$: 23 par les expériences précédentes (article XXX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 57 $\frac{1}{2}$ à 35 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 27, et par les expériences précédentes (art. XXX) :: 117 : 68, on aura, en ajoutant ces temps, 164 à 95 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de la pierre tendre.

3°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 18 : 4 $\frac{1}{2}$, et :: 38 : 12 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XXIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 56 à 17 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport

donné par la présente expérience étant :: 47 : 14, et :: 118 : 39 par les expériences précédentes (art. XXIV), on aura, en ajoutant ces temps, 165 à 53 pour le rapport encore plus précis de leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 16 : 12 par la présente expérience, et :: 45 $\frac{1}{2}$: 26 par les expériences précédentes (article XXVII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 61 $\frac{1}{2}$ à 38 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 42 : 27, et :: 125 : 78 par les expériences précédentes (article XXVII), on aura, en ajoutant ces temps, 167 à 105 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent et de la pierre tendre.

5°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir, :: 16 : 4 $\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 17 : 5 par les expériences précédentes (art. XXXVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 33 à

$9\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 42 : 14, et :: 59 : 20 par les expériences précédentes (article XXXVI), on aura, en ajoutant ces temps, 101 à 34 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent et du gypse.

6°. Que le temps du refroidissement de la pierre tendre est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 12 : $4\frac{1}{2}$, et :: 72 : 14 pour leur entier refroidissement.

XXXIX.

Ayant fait chauffer pendant vingt minutes, c'est-à-dire, pendant un temps à peu près double de celui qu'on tenoit ordinairement les boulets au feu, qui étoit communément de dix minutes, les boulets de fer, de cuivre, de verre, de plomb et d'étain, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en.......	10.	En...........	25.
Plomb, en......	11.	En...........	30.
Verre, en.......	12.	En...........	35.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Cuivre, en......	16 $\frac{1}{2}$.	En...........	44.
Fer, en.........	20 $\frac{1}{2}$.	En...........	50.

Il résulte de cette expérience, qui a été faite avec la plus grande précaution :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre, au point de pouvoir les tenir :: 20 $\frac{1}{2}$: 16 $\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 161 : 138 par les expériences précédentes (article XXI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 181 $\frac{1}{2}$ à 154 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 50 : 44, et :: 466 : 405 par les expériences précédentes (article XXI), on aura, en ajoutant ces temps, 516 à 449 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du cuivre.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du verre, au point de pouvoir les tenir :: 20 $\frac{1}{2}$: 12 par l'expérience présente, et :: 62 : 35 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XXI). Ainsi on aura,

en ajoutant ces temps, 82 ½ à 46 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 50 : 35, et :: 186 : 97 par les expériences précédentes (art. XXI), on aura, en ajoutant ces temps, 236 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du verre.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 20 ½ : 11 par la présente expérience, et :: 53 ½ : 27 par les expériences précédentes (art. IV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 74 à 38 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 50 : 30, et :: 142 : 94 ½ par les expériences précédentes (art. IV), on aura, en ajoutant ces temps, 192 à 124 ½ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du plomb.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: 20 ½ : 10, et :: 131 : 64 ½ par les expériences précédentes

(art. XXI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 152 à 74 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 50 : 25, et :: 460 à 226 par les expériences précédentes (art. XXI), on aura, en ajoutant ces temps, 510 à 251 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'étain.

5°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 16 ½ : 12 par la présente expérience, et :: 52 ½ : 34 ½ par les expériences précédentes (art. XXI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 69 à 46 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 44 : 35, et :: 157 : 97 par les expériences précédentes (art. XXI), on aura, en ajoutant ces temps, 201 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et du verre.

6°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir, :: 16½ : 11 par

la présente expérience, et :: 45 : 27 par les expériences précédentes (art. V). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 61 $\frac{1}{2}$ à 38 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 44 : 30, et :: 125 : 94 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. V), on aura, en ajoutant ces temps, 169 à 124 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et du plomb.

7°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 16 $\frac{1}{2}$: 10 par l'expérience présente, et :: 136 $\frac{1}{2}$: 76 par les expériences précédentes (art. XXI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 153 à 86 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 44 : 25, et :: 304 : 224 par les expériences précédentes (art. XXI), on aura, en ajoutant ces temps, 348 à 249 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et de l'étain.

8°. Que le temps du refroidissement du

verre est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 12 : 11, et :: 35 : 30 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 12 : 10 par la présente expérience, et :: 34 $\frac{1}{2}$: 32 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (article XXI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 46 à 42 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 35 : 25, et :: 97 : 92 par les expériences précédentes (art. XXI), on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 117 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de l'étain.

10°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 11 : 10 par la présente expérience, et :: 25 $\frac{1}{2}$: 21 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (article VIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 36 $\frac{1}{2}$ à 31 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant

:: 30 : 25, et :: 79 $\frac{1}{2}$: 64 par les expériences précédentes (art. VIII), on aura, en ajoutant ces temps, 109 $\frac{1}{2}$ à 89 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de l'étain.

X L.

AYANT mis chauffer ensemble les boulets de cuivre, de zinc, de bismuth, d'étain et d'antimoine, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en...	8.	En...........	24.
Bismuth, en.....	8.	En...........	23.
Étain, en.......	8 $\frac{1}{2}$.	En...........	25.
Zinc, en........	12.	En...........	30.
Cuivre, en......	14.	En...........	40.

X L I.

LA même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en...	8.	En...........	23.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Bismuth, en.....	8.	En............	24.
Étain, en.......	9 ½.	En............	25.
Zinc, en.........	12.	En............	38.
Cuivre, en.......	14.	En............	40.

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du zinc, au point de les tenir :: 28 : 24, et :: 80 : 68 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 28 : 18 par les présentes expériences, et :: 153 : 86 par les expériences précédentes (art. XXXIX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 181 à 104 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant :: 80 : 47, et par les expérience précédentes (art. XXXIX) :: 348 : 249, on aura, en ajoutant ces temps, 428 à 296 pour le rapport plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et de l'étain.

3°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir :: 28 : 16, et :: 80 : 47 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir :: 28 : 16, et :: 80 : 47 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 24 : 18, et :: 68 : 47 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 24 : 16 par les présentes expériences, et :: 73 : 39 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XVII). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 97 à 55 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 68 : 47, et :: 220 : 155 par les expériences précédentes (art. XVII), on aura, en ajoutant ces temps, 288 à 202 pour le

rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'antimoine.

7°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir :: 24 : 16, et :: 59 : 35 ½ par les expériences précédentes (art. XVII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 83 à 51 ½ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 68 : 47, et :: 176 : 140 par les expériences précédentes (art. XVII), on aura, en ajoutant ces temps, 244 à 187 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du bismuth.

8°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir :: 18 : 16, et :: 50 : 47 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir :: 18 : 16, et :: 50 : 47 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: 16 : 16 par la présente expérience, et :: 35 ½ : 32 par les expériences précédentes (art. XVII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 51 ½ à 48 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 47, et par les expériences précédentes (art. XVII) :: 140 : 127, on aura, en ajoutant ces temps, 187 à 174 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth et de l'antimoine.

XLII.

Ayant fait chauffer ensemble les boulets d'or, d'argent, de fer, d'émeril et de pierre dure, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde. minutes.	*Refroidis à la température.* minutes.
Pierre calcaire dure, en............ 11 ¼.	En........... 32.
Argent, en...... 13.	En........... 37.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Or, en..........	14.	En...........	40.
Émeril, en......	15 $\frac{1}{2}$.	En...........	46.
Fer, en.........	17.	En...........	51.

Il résulte de cette expérience :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'émeril, au point de pouvoir les tenir :: 17 : 15 $\frac{1}{2}$, et :: 51 : 46 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir, :: 17 : 14 par la présente expérience, et :: 45 $\frac{1}{2}$: 37 par les expériences précédentes (art. XI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 62$\frac{1}{2}$ à 51 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 51 : 40, et :: 138 : 114 par les expériences précédentes (art. XI), on aura, en ajoutant ces temps, 189 à 154 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'or.

3°. Que le temps du refroidissement du fer

est à celui du refroidissement de l'argent, au point de les tenir, :: 17 : 13 par la présente expérience, et :: 67 : 51 par les expériences précédentes (art. XXXVII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 84 à 64 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 51 : 37, et :: 209 : 156 par les expériences précédentes (art. XXXVII), on aura, en ajoutant ces temps, 260 à 193 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'argent.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 17 : $11\frac{1}{4}$, et :: 51 : 52 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir, :: $15\frac{1}{2}$: 14 par la présente expérience, et :: 44 : 38 par les expériences précédentes (art. XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $59\frac{1}{2}$ à 52 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expé-

rience étant :: 46 : 40, et :: 131 : 115 par les expériences précédentes (art. XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 177 à 155 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et de l'or.

6°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir, :: 15 $\frac{1}{2}$: 13 par la présente expérience, et :: 43 : 32 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XVII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 58 $\frac{1}{2}$ à 45 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis du premier refroidissement de l'émeril et de l'argent; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 46 : 37, et :: 125 : 98 par les expériences précédentes (art. XVII), on aura, en ajoutant ces temps, 171 à 135 pour le rapport encore plus précis de leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 15 $\frac{1}{2}$: 12, et :: 46 : 32 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent,

au point de les tenir, :: 14 : 13 par la présente expérience, et :: 80 : 71 par les expériences précédentes (art. XXXVIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 94 à 84 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 40 : 37, et :: 234 : 201 par les expériences précédentes (art. XXXVIII), on aura, en ajoutant ces temps, 274 à 238 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de l'argent.

9°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir, :: 14 : 12 par la présente expérience, et :: 39 $\frac{1}{2}$: 27 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XXX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 53$\frac{1}{2}$ à 39$\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 40 : 32, et :: 117 : 86 par les expériences précédentes (art. XXX), on aura, en ajoutant ces temps, 157 à 118 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de la pierre dure.

10°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de pouvoir les tenir, :: 13 : 12 par la présente expérience, et :: $45\frac{1}{2}$: $31\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (article XXVII). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura $58\frac{1}{2}$ à $43\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 37 : 32, et :: 125 : 107 par les expériences précédentes (article XXVIII), on aura, en ajoutant ces temps, 162 à 139 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent et de la pierre dure.

XLIII.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets de plomb, de fer, de marbre blanc, de grès, de pierre tendre, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde. minutes.	*Refroidis à la température.* minutes.
Pierre calcaire tendre, en............ $6\frac{1}{2}$.	En........... 20.
Plomb, en...... 8.	En........... 29.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Grès, en........	8 ½.	En...........	29.
Marbre blanc, en	10 ½.	En...........	29.
Fer, en.........	15.	En...........	43.

XLIV.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Pierre calcaire tendre, en............	7.	En...........	21.
Plomb, en......	8.	En...........	28.
Grès, en........	8 ½.	En...........	28.
Marbre blanc, en	10 ½.	En...........	30.
Fer, en.........	16.	En...........	45.

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de les tenir :: 31 : 21, et :: 88 : 59 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir, :: 31 : 17 par la présente

expérience, et :: 53½ : 32 par les expériences précédentes (art. IV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 84½ à 49 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 88 : 57, et :: 142 : 102½ par les expériences précédentes (article IV), on aura, en ajoutant ces temps, 230 à 159½ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du grès.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 31 : 16 par les expériences présentes, et :: 74 : 38 par les expériences précédentes (art. XXXIX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 105 à 54 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 88 : 57, et :: 192 : 124½ par les expériences précédentes (art. XXXIX), on aura, en ajoutant ces temps, 280 à 181½ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du plomb.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la pierre

tendre, au point de pouvoir les tenir :: 31 : 13, et :: 88 : 41 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir :: 21 : 17, et :: 59 : 57 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir :: 21 : 16, et :: 59 : 57 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre calcaire tendre, au point de les tenir, :: 21 : 13 ½ par les présentes expériences, et :: 32 : 23 par les expériences précédentes (art. XXX). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 53 à 36 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 59 : 41, et :: 92 : 68 par les expériences précédentes (art. XXX), on aura, en ajoutant ces temps, 151 à 109 pour le rapport encore plus précis

de l'entier refroidissement du marbre blanc et de la pierre calcaire tendre.

8°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir, :: 17 : 16 par les expériences présentes, et :: $42\frac{1}{2}$: $35\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. VIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $59\frac{1}{2}$ à $51\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 57 : 57, et :: 130 : $121\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. VIII), on aura, en ajoutant ces temps, 187 à $178\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du plomb.

9°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir :: 17 : $13\frac{1}{2}$, et :: 57 : 41 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 16 : $13\frac{1}{2}$, et :: 57 : 41 pour leur entier refroidissement.

X L V.

On a fait chauffer ensemble les boulets de gypse, d'ocre, de craie, de glaise et de verre; et voici l'ordre dans lequel ils se sont refroidis :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.......	3 ½.	En............	15.
Ocre, en........	5 ½.	En............	16.
Craie, en.......	5 ½.	En............	16.
Glaise, en.......	7.	En............	18.
Verre, en.......	8 ½.	En............	24.

X L V I.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.......	3 ½.	En............	14.
Ocre, en........	5 ½.	En............	16.
Craie, en.......	5 ½.	En............	16.
Glaise, en......	6 ½.	En............	18.
Verre, en.......	8.	En............	22.

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: 16 ½ : 13 ½, et :: 46 : 36 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: 16 ½ : 11, et :: 46 : 32 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 16 ½ : 11, et :: 46 : 32 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir, :: 16 ½ : 7 par la présente expérience, et :: 52 : 21 ½ par les expériences précédentes (art. XXXIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 68 ½ à 28 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 46 : 29, et :: 32 : 78 par les expériences précédentes (art. XXXIII), on aura, en ajoutant ces temps, 78 à 107 pour

le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et du gypse.

5°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir, :: 13 ½ : 11 par la présente expérience, et :: 12 ½ : 10 par les expériences précédentes (art. XXXV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 26 à 21 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 36 : 32, et :: 33 : 26 par les expériences précédentes (art. XXXV), on aura, en ajoutant ces temps, 69 à 58 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de la craie.

6°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: 13 ½ : 11 par les présentes expériences, et :: 12 ½ : 11 ½ par les expériences précédentes (art. XXXV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 26 à 22 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 36 : 32, et :: 33 : 29 par les expé-

riences précédentes (art. XXXV), on aura, en ajoutant ces temps, 69 à 61 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de l'ocre.

7°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 13 $\frac{1}{2}$: 17, et :: 36 : 29 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la craie est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 11 : 11 par les présentes expériences, et :: 10 : 11 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XXXV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 21 à 22 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 32 : 32, et :: 26 : 29 par les expériences précédentes (art. XXXV), on aura, en ajoutant ces temps, 58 à 61 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la craie et de l'ocre.

9°. Que le temps du refroidissement de la craie est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 11 : 7, et :: 32 : 29 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 11 : 7, et :: 32 : 29 pour leur entier refroidissement.

XLVII.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets de zinc, d'étain, d'antimoine, de grès et de marbre blanc, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en...	6.	En............	16.
Étain, en........	6 $\frac{1}{2}$.	En............	20.
Grès, en........	8.	En............	26.
Marbre blanc, en	9 $\frac{1}{2}$.	En............	29.
Zinc, en........	11 $\frac{1}{2}$.	En............	35.

XLVIII.

LA même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en...	5.	En............	13.
Étain, en.......	6.	En............	16.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Grès, en........	7.	En...........	21.
Marbre blanc, en	8.	En...........	24.
Zinc, en........	9 ½.	En...........	30.

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de les tenir :: 21 : 17 ½, et :: 65 : 53 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir :: 21 : 15, et :: 65 : 47 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 21 : 12 ½ par les présentes expériences, et :: 24 : 18 par les expériences précédentes (art. XLI). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 45 à 30 ½ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 65 : 36, et par les expériences précédentes (art. XLI) :: 68 : 47, on aura, en ajoutant

ces temps, 133 à 83 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'étain.

4°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 21 : 11 par les présentes expériences, et :: 73 : 39 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (article XVII). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 94 à 50 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 65 : 29, et :: 220 : 155 par les expériences précédentes (article XVII), on aura, en ajoutant ces temps, 285 à 184 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'antimoine.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du grès, au point de pouvoir les tenir, :: 17 $\frac{1}{2}$: 15 par les présentes expériences, et :: 21 : 17 par les expériences précédentes (art. XLIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38 $\frac{1}{2}$ à 32 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences

étant :: 53 : 47, et :: 59 : 57 par les expériences précédentes (art. XLIV), on aura, en ajoutant ces temps, 112 à 104 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc et du grès.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: $17\frac{1}{2}$: $12\frac{1}{2}$, et :: 53 : 36 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir :: $17\frac{1}{2}$: 11, et :: 53 : 36 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 15 : $12\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 30 : $21\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. VIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 45 à 34 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 47 : 36, et :: 84 : 64 par les expériences précédentes (art. VIII), on aura, en ajoutant ces temps, 131 à 100 pour le rapport encore

plus précis de l'entier refroidissement du grès et de l'étain.

9°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir :: 15 : 11, et :: 47 : 29 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: 12 $\frac{1}{2}$: 11 par les présentes expériences, et :: 18 : 16 par les expériences précédentes (art. XL). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 30 $\frac{1}{2}$ à 27 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 36 : 29, et :: 47 : 47 par les expériences précédentes (art. XL), on aura, en ajoutant ces temps, 83 à 76 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'étain et de l'antimoine.

XLIX.

On a fait chauffer ensemble les boulets de cuivre, d'émeril, de bismuth, de glaise et d'ocre; et ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Ocre, en........	6.	En............	18.
Bismuth, en.....	7.	En............	22.
Glaise, en.......	7.	En............	23.
Cuivre, en......	13.	En............	36.
Émeril, en......	15 ½.	En............	43.

L.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Ocre, en........	5 ½.	En............	13.
Bismuth, en.....	6.	En............	18.
Glaise, en.......	6.	En............	19.
Cuivre, en......	10.	En............	30.
Émeril, en......	11 ½.	En............	38.

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du cuivre, au point de les tenir :: 27 : 23, et :: 81 : 66 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: 27 : 13, et :: 81 : 42 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir, :: 27 : 13 par les présentes expériences, et :: 71 : 35 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XVII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 98 à 48 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus precis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 81 : 40, et par les expériences precédentes (art. XVII) :: 216 : 140, on aura, en ajoutant ces temps, 297 à 180 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du bismuth.

4°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 27 : 11 $\frac{1}{2}$, et :: 81 : 31 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: 23 : 13, et :: 66 : 42 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir, :: 23 : 13 par les présentes expériences, et :: 28 : 16 par les expériences précédentes (art. XLI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 51 à 29 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 66 : 40, et :: 80 : 47 par les expériences précédentes (art. XLI), on aura, en ajoutant ces temps, 146 à 87 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et du bismuth.

7°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 33 : 11 $\frac{1}{2}$, et :: 66 : 31 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir :: 13 : 13, et :: 42 : 41 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: 13 : 11 $\frac{1}{2}$ par

les expériences présentes, et :: 26 : 22 ½ par les expériences précédentes (article XLVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 39 à 34 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 42 : 31, et :: 69 : 61 par les expériences précédentes (art. XLVI), on aura, en ajoutant ces temps, 111 à 92 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de l'ocre.

10°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'ocre, pour pouvoir les tenir :: 13 : 11 ½, et :: 42 : 31 pour leur entier refroidissement.

L I.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets de fer, de zinc, de bismuth, de glaise et de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en.......	6 ½.	En...........	18.
Bismuth, en.....	7.	En...........	19.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde. minutes.		*Refroidis à la température.* minutes.	
Glaise, en........	8.	En...........	20.
Zinc, en.........	15.	En...........	25.
Fer, en..........	19.	En...........	45.

L I I.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde. minutes.		*Refroidis à la température.* minutes.	
Craie, en........	7.	En...........	20.
Bismuth, en....	$7\frac{1}{2}$.	En...........	21.
Glaise, en.......	9.	En...........	24.
Zinc, en.........	16.	En...........	34.
Fer, en..........	$21\frac{1}{2}$.	En...........	53.

On peut conclure de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du zinc, au point de les tenir :: $40\frac{1}{2}$: 31, et :: 98 : 59 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du bismuth,

au point de les tenir :: 40 ½ : 14 ½, et :: 98 : 40 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: 40 ½ : 17, et :: 98 : 44 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: 40 ½ : 12 ½, et :: 98 : 38 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir, :: 31 : 14 ½ par les présentes expériences, et :: 34 ½ : 20 ½ par les expériences précédentes (art. XV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 65 ½ à 35 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 59 : 40, et :: 100 : 80 par les expériences précédentes (art. XV), on aura, en ajoutant ces temps, 159 à 120 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du bismuth.

6°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la

glaise, au point de les tenir :: 31 : 17, et :: 59 : 44 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: 31 : 12 $\frac{1}{2}$, et :: 59 : 38 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir, :: 14 $\frac{1}{2}$: 17 par les présentes expériences, et :: 13 : 13 par les expériences précédentes (art. L). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 27 $\frac{1}{2}$ à 30 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 40 : 44, et :: 41 : 42 par les expériences précédentes (art. L), on aura, en ajoutant ces temps, 81 à 86 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth et de la glaise.

9°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: 14 $\frac{1}{2}$: 13 $\frac{1}{2}$, et :: 40 : 38 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la

craie, au point de les tenir, :: 17 : 13 ½ par les expériences présentes, et :: 26 : 21 par les expériences précédentes (art. XLVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 43 à 34 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les presentes expériences étant :: 44 : 38, et :: 69 : 58 par les expériences précédentes (art. XLVI), on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 96 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de la craie.

LIII.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets d'émeril, de verre, de pierre calcaire dure et de bois, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Bois, en........	2 ½.	En...........	15.
Verre, en.......	9 ½.	En...........	28.
Grès, en........	11.	En...........	34.
Pierre calcaire dure, en............	12.	En...........	36.
Émeril, en......	15.	En...........	47.

L I V.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Bois, en........	2.	En...........	13.
Verre, en.......	7 ½.	En...........	21.
Grès, en........	8.	En...........	24.
Pierre dure, en..	8 ½.	En...........	26.
Émeril, en.......	14.	En...........	42.

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir, :: 29 : 20 ½ par les présentes expériences, et :: 15 ½ : 12 par les expériences précédentes (art. XLII). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 44 ½ à 32 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 89 : 62, et :: 46 : 32 par les expériences précédentes (art. XLII), on aura, en ajoutant ces temps, 135 à 94 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroi-

dissement de l'émeril et de la pierre dure.

2°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir :: 29 : 19, et :: 89 : 58 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 29 : 17, et :: 89 : 49 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir :: 29 : 4 ½, et :: 89 : 28 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir :: 20 ½ : 19, et :: 62 : 58 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 20 ½ : 17, et :: 62 : 49 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir :: 20 ½ : 4 ½, et :: 62 : 28 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 19 : 17 par les présentes expériences, et :: 55 : 52 par les expériences précédentes (art. XXXIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 74 à 69 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes experiences étant :: 58 : 49, et :: 170 : 132 par les expériences précédentes (art. XXXIII), on aura, en ajoutant ces temps, 228 à 181 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du verre.

9°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du bois, au point de pouvoir les tenir :: 15 : 4 $\frac{1}{2}$, et :: 58 : 28 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir :: 17 : 4 $\frac{1}{2}$, et :: 49 : 28 pour leur entier refroidissement.

L V.

Ayant fait chauffer ensemble les boulets d'or, d'étain, d'émeril, de gypse et de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Gypse, en.......	5.	En...........	15.
Craie, en........	7 ½.	En...........	21.
Étain, en.......	11 ½.	En...........	30.
Or, en..........	16.	En...........	41.
Émeril, en......	20.	En...........	49.

L V I.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Gypse, en......	4.	En...........	13.
Grès, en.......	6 ½.	En...........	18.
Étain, en.......	10.	En...........	27.
Or, en..........	15.	En...........	40.
Émeril, en......	18.	En...........	46.

On peut conclure de ces expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or, au point de les tenir, :: 38 : 31 par les expériences présentes, et :: 59 ½ : 52 par les expériences précédentes (art. XLII). Ainsi on

aura, en ajoutant ces temps, 97 ½ à 83 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 95 : 81, et :: 166 : 155 par les expériences précédentes (art. LXII), on aura, en ajoutant ces temps, 261 à 236 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et de l'or.

2°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 38 : 21 ½, et :: 95 : 57 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: 38 : 14, et :: 95 : 39 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 38 : 9, et :: 95 : 28 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 31 : 22 par les présentes expériences, et :: 37 : 21 par les

expériences précédentes (art. XI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 68 à 43 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 81 : 57, et :: 114 : 61 par les expériences précédentes (art. XI), on aura, en ajoutant ces temps, 195 à 118 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de l'étain.

6°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir, :: 31 : 14 par les présentes expériences, et :: 21 $\frac{1}{2}$: 10 par les expériences précédentes (art. XXXV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 52 $\frac{1}{2}$ à 24 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 81 : 39, et :: 65 : 26 par les expériences précédentes (art. XXXV), on aura, en ajoutant ces temps, 146 à 65 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de la craie.

7°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du gypse, au

point de pouvoir les tenir, :: 31 : 9 par les présentes expériences, et :: 56 : 17 par les expériences précédentes (art. XXXVIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 87 à 26 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 81 : 28, et :: 165 : 53 par les expériences précédentes (art. XXXVIII), on aura, en ajoutant ces temps, 246 à 81 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et du gypse.

8°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: 22 : 14, et :: 57 : 39 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 22 : 9, et :: 57 : 28 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de la craie est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 14 : 9 par les présentes expériences, et :: 11 : 7 par les expériences précédentes (art. XLVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 25 à 16 pour

le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 39 : 28, et :: 32 : 29 par les expériences précédentes (art. XLVI), on aura, en ajoutant ces temps, 71 à 57 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la craie et du gypse.

LVII.

Ayant fait chauffer ensemble les boulets de marbre blanc, de marbre commun, de glaise, d'ocre et de bois, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Bois, en........	2 ½.	En...........	9.
Ocre, en........	6 ½.	En...........	19.
Glaise, en.......	7 ½.	En...........	21.
Marbre commun, en.	10 ½.	En...........	29.
Marbre blanc, en	12.	En...........	34.

LVIII.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Bois, en........	3.	En...........	11.
Ocre, en........	7.	En...........	20.
Glaise, en.......	8 ½.	En...........	23.
Marbre commun, en.	12. ½.	En...........	32.
Marbre blanc, en	13.	En...........	36.

On peut conclure de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de pouvoir les tenir, :: 25 : 22 par les présentes expériences, et :: 39 ½ : 36 par les expériences précédentes (art. XXVII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 64 ½ à 58 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 70 : 61, et :: 115 : 113 par les expériences précédentes (art. XXVII), on aura, en ajoutant ces temps, 185 à 174 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc et du marbre commun.

2°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement

de la glaise, au point de pouvoir les tenir :: 25 : 16, et :: 70 : 44 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 25 : 13 $\frac{1}{2}$, et :: 70 : 39 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir :: 25 : 5 $\frac{1}{2}$, et :: 70 : 20 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: 22 : 16, et :: 61 : 44 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 22 : 13 $\frac{1}{2}$, et :: 61 : 39 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir :: 22

: $5\frac{1}{2}$, et :: 61 : 20 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: 16 : $13\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: $12\frac{1}{2}$: $11\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XXXV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $28\frac{1}{2}$ à 25 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 44 : 39, et :: 33 : 29 par les expériences précédentes (art. XXXV), on aura, en ajoutant ces temps, 77 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de l'ocre.

9°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir :: 16 : $5\frac{1}{2}$, et :: 44 : 20 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir :: $13\frac{1}{2}$: $5\frac{1}{2}$, et :: 39 : 20 pour leur entier refroidissement.

L I X.

Ayant mis chauffer ensemble les boulets d'argent, de verre, de glaise, d'ocre et de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en.......	5 ½.	En............	16.
Ocre, en........	6.	En............	18.
Glaise, en.......	8.	En............	22.
Verre, en.......	9 ½.	En............	29.
Argent, en......	12 ½.	En............	35.

L X.

La même expérience répétée, les boulets, chauffés plus long-temps, se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en.......	7.	En............	22.
Ocre, en........	8 ½.	En............	25.
Glaise, en.......	9 ½.	En............	29.
Verre, en.......	12 ½.	En............	38.
Argent, en......	16 ½.	En............	41.

On peut conclure de ces deux expériences:

1°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 29 : 22 par les présentes expériences, et :: 36 : 25 par les expériences précedentes (art. XXXIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 65 à 47 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 76 : 67, et :: 103 : 62 par les expériences précédentes (art. XXXIII), on aura, en ajoutant ces temps, 179 à 129 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent et du verre.

2°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir :: 29 : 17 $\frac{1}{2}$, et :: 76 : 51 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 29 : 14 $\frac{1}{2}$, et :: 76 : 43 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la craie,

au point de pouvoir les tenir :: 29 : 12½, et :: 76 : 38 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir, :: 22 : 17½ par les expériences présentes, et :: 16½ : 13½ par les expériences précédentes (article XLVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38½ à 31 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 67 : 51, et :: 46 : 36 par les expériences précédentes (art. XLVI), on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 87 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de la glaise.

6°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir, :: 22 : 14½ par les présentes expériences, et :: 16½ : 11 par les expériences précédentes (art. XLVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38½ à 25½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 67 : 43, et :: 46 : 32 par les expériences

précédentes (art. XLVI), on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 75 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de l'ocre.

7°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: 22 : 12 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 16 $\frac{1}{2}$: 11 par les expériences précédentes (article XLVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38 $\frac{1}{2}$ à 23 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 67 : 38, et :: 46 : 32 par les expériences précédentes (article XLVI), on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 70 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de la craie.

8°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: 17 $\frac{1}{2}$: 14 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 26 : 22 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XLVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 43 $\frac{1}{2}$ à 37 pour le rapport plus précis de leur premier refroi-

dissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 51 : 43, et :: 69 : 63 par les expériences précédentes (art. XLVI), on aura, en ajoutant ces temps, 120 à 106 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de l'ocre.

9°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: $17\frac{1}{2}$: $12\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 26 : 21 par les expériences précédentes (article XLVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $43\frac{1}{2}$ à $33\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 51 : 38, et :: 69 : 58 par les expériences précédentes (art. XLVI), on aura, en ajoutant ces temps, 120 à 96 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de la craie.

10°. Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: $14\frac{1}{2}$: $12\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: $11\frac{1}{2}$: 10 par les expériences précédentes (art. XXXV).

Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 26 à 22 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 43 : 38, et :: 29 : 26 par les précédentes expériences (art. XXXV), on aura, en ajoutant ces temps, 72 à 64 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'ocre et de la craie.

L X I.

AYANT mis chauffer ensemble, à un grand degré de chaleur, les boulets de zinc, de bismuth, de marbre blanc, de grès et de gypse, le bismuth s'est fondu tout-à-coup, et il n'est resté que les quatre autres, qui se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde. minutes.		*Refroidis à la température.* minutes.	
Gypse, en.......	11.	En...........	28.
Grès, en........	16.	En...........	42.
Marbre blanc, en	19.	En...........	50.
Zinc, en........	23.	En...........	57.

L X I I.

LA même expérience répétée avec les quatre

boulets ci-dessus et un boulet de plomb à un feu moins ardent, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en......	4 ½.	En............	16.
Plomb, en......	9 ½.	En............	28.
Grès, en........	10.	En............	32.
Marbre blanc, en	12 ½.	En............	36.
Zinc, en........	15.	En............	43.

On peut conclure de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de pouvoir, les tenir :: 38 : 31 ½ par les présentes expériences, et :: 21 : 17 ½ par les expériences précédentes (art. XLVIII). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 59 à 49 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 100 : 86, et :: 65 : 53 par les expériences précédentes (art. XLVIII), on aura, en ajoutant ces temps, 165 à 139 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du marbre blanc.

2°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir, :: 38 : 26 par les présentes expériences, et :: 21 : 115 par les expériences précédentes (art. XLVIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 à 141 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 100 : 74, et :: 65 : 47 par les expériences précédentes (art. XLVIII), on aura, en ajoutant ces temps, 165 à 121 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du grès.

3°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 15 : 9 $\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 73 : 43 $\frac{3}{4}$ par les expériences précédentes (art. XVII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 88 à 53 $\frac{1}{4}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 45 : 20, et :: 220 : 189 par les expériences précédentes (art. XVII), on aura, en ajoutant ces temps, 263 à 209 pour le rapport

encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du plomb.

4°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir :: 38 : 15 $\frac{1}{2}$, et :: 100 : 44 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir, :: 31 $\frac{1}{2}$: 26 par les présentes expériences, et :: 38 $\frac{1}{2}$: 32 par les expériences précédentes (art. XLVIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 70 à 58 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 86 : 74, et :: 112 : 104 par les expériences précédentes (art. XLVIII), on aura, en ajoutant ces temps, 198 à 178 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc et du grès.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir :: 12 $\frac{1}{2}$: 9 $\frac{1}{2}$, et :: 36 : 20 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement

du gypse, au point de pouvoir les tenir :: 31 : 15 $\frac{1}{2}$, et :: 86 : 44 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 10 : 9$\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 59 : 51 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XLIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 69$\frac{1}{2}$ à 61 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 32 : 20, et :: 187 : 178 par les expériences précédentes (art. XLIV), on aura, en ajoutant ces temps, 219 à 198 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du plomb.

9°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir, :: 26 : 15 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 55 : 21 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XXXIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 81 à 37 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant

:: 74 : 44, et :: 170 : 78 par les expériences précédentes (art. XXXIII), on aura, en ajoutant ces temps, 244 à 122 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du gypse.

10°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir :: 9 ½ : 4 ½, et :: 28 : 16 pour leur entier refroidissement.

LXIII.

Ayant fait chauffer ensemble les boulets de cuivre, d'antimoine, de marbre commun, de pierre calcaire tendre et de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Craie, en.......	6 ½.	En............	20.
Antimoine, en...	7 ½.	En............	26.
Pierre tendre, en	7 ½.	En............	26.
Marbre commun, en	11 ½.	En............	31.
Cuivre, en......	16.	En............	49.

L X I V.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en........	$5\frac{1}{2}$.	En............	18.
Antimoine, en...	6.	En............	24.
Pierre tendre, en.	8.	En............	23.
Marbre commun, en	10.	En............	29.
Cuivre, en.......	$13\frac{1}{2}$.	En............	38.

On peut conclure de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de pouvoir les tenir, :: $29\frac{1}{2}$: $21\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 45 : $35\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. V). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $74\frac{1}{2}$ à 57 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 87 : 60, et :: 125 : 111 par les expériences précédentes (art. V), on aura, en ajoutant ces temps, 212 à 171 pour le rapport encore plus précis de l'en-

tier refroidissement du cuivre et du marbre commun.

2°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir :: 29 $\frac{1}{2}$: 15 $\frac{1}{2}$, et :: 87 : 49 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 29 $\frac{1}{2}$: 13 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 28 : 16 par les expériences précédentes (art. XLI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 57 $\frac{1}{2}$ à 29 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 87 : 50, et :: 80 : 47 par les expériences précédentes (art. XLI), on aura, en ajoutant ces temps, 167 à 97 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et de l'antimoine.

4°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: 29 $\frac{1}{2}$: 12, et :: 87 : 38 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du

marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir, :: 21 $\frac{1}{2}$: 14 par les expériences présentes, et :: 29 : 23 par les expériences précédentes (art. XXX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 50 $\frac{1}{2}$ à 37 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 60 : 49, et :: 87 : 68 par les expériences précédentes (art. XXX), on aura, en ajoutant ces temps, 147 à 137 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre commun et de la pierre tendre.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir :: 21 $\frac{1}{2}$: 13 $\frac{1}{2}$, et :: 60 : 50 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: 21 $\frac{1}{2}$: 12, et :: 60 : 38 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la pierre tendre est à celui du refroidissement

de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir :: 14 : 13 $\frac{1}{2}$, et :: 49 : 50 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de la pierre tendre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: 14 : 12, et :: 49 : 38 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir :: 13 $\frac{1}{2}$: 12, :: 50 : 38 pour leur entier refroidissement.

L X V.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets de plomb, d'étain, de verre, de pierre calcaire dure, d'ocre et de glaise, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Ocre, en........	5.	En...........	16.
Glaise, en.......	7 $\frac{1}{2}$.	En...........	20.
Étain, en.......	8 $\frac{1}{2}$.	En...........	21.
Plomb, en......	9 $\frac{1}{2}$.	En...........	23.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Verre, en.......	10.	En...........	27.
Pierre dure, en..	10 $\frac{1}{2}$.	En...........	29.

Il résulte de cette expérience :

1°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 10 $\frac{1}{2}$: 10 par la présente expérience, et :: 20 $\frac{1}{2}$: 17 par les expériences précédentes (article LIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 31 à 27 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 29 : 27, et :: 62 : 49 par les expériences précédentes (article LIV), on aura, en ajoutant ces temps, 91 à 76 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la pierre dure et du verre.

2°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 10 : 9 $\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 12 : 11 par les expériences précédentes (art. XXXIX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 22 à 20 $\frac{1}{2}$

pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 27 : 23, et :: 35 : 30 par les expériences précédentes (art. XXXIX), on aura, en ajoutant ces temps, 62 à 53 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et du plomb.

3°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir, :: 10 : 8 $\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 46 : 42 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XXXIX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 56 à 51 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 27 : 21, et par les expériences précédentes (art. XXXIX) :: 132 : 117, on aura, en ajoutant ces temps, 159 à 138 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de l'étain.

4°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir, :: 10 : 7 $\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 38 $\frac{1}{2}$:

51 par les expériences précédentes (art. LX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 48 $\frac{1}{2}$ à 38 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 27 : 20, et :: 113 : 87 par les expériences précédentes (art. LX), on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 107 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de la glaise.

5°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir, :: 10 : 5 par les présentes expériences, et :: 38 $\frac{1}{2}$: 25 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. LX). Ainsi on aura en ajoutant ces temps, 48 $\frac{1}{2}$ à 30 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 27 : 16, et par les expériences précédentes (art. LX) :: 113 : 75, on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 91 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de l'ocre.

6°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement

du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 10 $\frac{1}{2}$: 9 $\frac{1}{2}$, et :: 29 : 23 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 10 $\frac{1}{2}$: 8 $\frac{1}{2}$, et :: 29 : 21 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: 10 $\frac{1}{2}$: 7 $\frac{1}{2}$, et :: 29 : 20 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 10 $\frac{1}{2}$: 5, et :: 29 : 16 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 9 $\frac{1}{2}$: 8 $\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 36 $\frac{1}{2}$: 31 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XXXIX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 46 à 40 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport

donné par la presente expérience étant :: 23 : 21, et :: 109 : 89 par les expériences précédentes (art. XXXIX), on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 110 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de l'étain.

11°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir, :: 9 $\frac{1}{2}$: 7 $\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 7 : 5 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XXXV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 16 $\frac{1}{2}$ à 13 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 23 : 20, et :: 18 : 15 par les expériences précédentes (art. XXXV), on aura, en ajoutant ces temps, 41 à 35 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de la glaise.

12°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir, :: 9 $\frac{1}{2}$: 5 par la présente expérience, et :: 7 : 5 par les expériences précédentes (article XXXV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 16 $\frac{1}{2}$

à 10 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 23 : 16, et :: 18 : 13 par les expériences précédentes (art. XXXV), on aura, en ajoutant ces temps, 41 à 29 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de l'ocre.

13°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: 8 $\frac{1}{2}$: 7 $\frac{1}{2}$, et :: 21 : 20 pour leur entier refroidissement.

14°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 8 $\frac{1}{2}$: 5, et :: 21 : 16 pour leur entier refroidissement.

15°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir, :: 7 $\frac{1}{2}$: 5 par la présente expérience, et :: 43 $\frac{1}{2}$: 37 par les expériences précédentes (article LX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 51 à 42 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 20 : 16, et :: 120 : 104 par les expé-

riences précédentes (art. LX), on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 120 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de l'ocre.

LXVI.

Ayant fait chauffer ensemble les boulets de zinc, d'antimoine, de pierre calcaire tendre, de craie et de gypse, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Gypse, en......	3 ½.	En...........	11.
Craie, en.......	5.	En...........	16.
Antimoine, en...	6.	En...........	22.
Pierre tendre, en	7 ½.	En...........	23.
Zinc, en........	14 ½.	En...........	29.

LXVII.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Gypse, en.......	3 ½.	En...........	12.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Craie, en.......	4 $\frac{3}{4}$.	En...........	14.
Antimoine, en...	6.	En...........	20.
Pierre tendre, en	8.	En...........	21.
Zinc, en........	13 $\frac{1}{2}$.	En...........	28.

On peut conclure de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir :: 28 : 15 $\frac{1}{2}$, et :: 57 : 44 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: 28 : 12 par les présentes expériences, et :: 94 : 52 par les expériences précédentes (article XLVIII). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 122 à 64 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 57 : 42, et :: 285 : 184 par les expériences précédentes (art. XLVIII), on aura, en ajoutant ces temps, 342 à 226 pour le rapport encore plus précis de l'entier

refroidissement du zinc et de l'antimoine.

3°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: 28 : 9 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 31 : 12 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. LII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 à 22 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 57 : 30, et :: 59 : 38 par les expériences précédentes (art. LII), on aura, en ajoutant ces temps, 116 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de la craie.

4°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir, :: 28 : 7 par les présentes expériences, et :: 38 : 15 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. LXII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 66 à 22 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 57 : 23, et :: 100 : 44 par les expériences précédentes (art. LXII), on aura, en

ajoutant ces temps, 157 à 67 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du gypse.

5°. Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement de la pierre calcaire tendre, au point de les tenir :: 12 : 15 ½, et :: 42 : 44 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: 12 : 9 ½ par les présentes expériences, et :: 13 ½ : 12 par les expériences précédentes (article LXIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 25 ½ à 21 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 42 : 30, et :: 50 : 38 par les expériences précédentes (art. LXIV), on aura, en ajoutant ces temps, 92 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'antimoine et de la craie.

7°. Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir

:: 12 : 7, et :: 42 : 23 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la pierre tendre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: 15 $\frac{1}{2}$: 9 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, et :: 14 : 12 par les expériences précédentes (art. LXIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 29 $\frac{1}{2}$ à 21 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 44 : 30, et :: 49 : 38 par les expériences précédentes (article LXIV), on aura, en ajoutant ces temps, 93 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la pierre tendre et de la craie.

9°. Que le temps du refroidissement de la pierre calcaire tendre est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 15 $\frac{1}{2}$: 7 par les présentes expériences, et :: 12 : 4 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XXXVIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 27 $\frac{1}{2}$ à 11 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expé-

riences présentes étant :: 44 : 23, et :: 27 : 14 par les expériences précédentes (article XXXVIII), on aura, en ajoutant ces temps, 71 à 37 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la pierre tendre et du gypse.

10°. Que le temps du refroidissement de la craie est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 9 $\frac{1}{2}$: 7 par les présentes expériences, et :: 25 : 16 par les expériences précédentes (art. LVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 34 $\frac{1}{2}$ à 23 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 30 : 23, et :: 71 : 57 par les expériences précédentes (art. LVI), on aura, en ajoutant ces temps, 101 à 80 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la craie et du gypse.

Je borne ici cette suite d'expériences assez longues à faire et fort ennuyeuses à lire; j'ai cru devoir les donner telles que je les ai faites à plusieurs reprises dans l'espace de six ans : si je m'étois contenté d'en addi-

tionner les résultats, j'aurois, à la vérité, fort abrégé ce mémoire, mais on n'auroit pas été en état de les répéter; et c'est cette considération qui m'a fait préférer de donner l'énumération et le détail des expériences mêmes, au lieu d'une table abrégée que j'aurois pu faire de leurs résultats accumulés. Je vais néanmoins donner, par forme de récapitulation, la table générale de ces rapports, tous comparés à 10000, afin que, d'un coup d'œil, on puisse en saisir les différences.

TABLE

Des rapports du refroidissement des différentes substances minérales.

FER.

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Fer, et....	Émeril.......	10000 à 9117—	9020.
	Cuivre.......	10000 à 8512—	8702.
	Or..........	10000 à 8160—	8148.
	Zinc.........	10000 à 7654—	6020. 6804
	Argent......	10000 à 7619—	7423.
	Marbre blanc.	10000 à 6774—	6704.
	Marbre commun.......	10000 à 6636—	6746.
	Pierre calcaire dure.......	10000 à 6617—	6274.
	Grès.........	10000 à 5796—	6926.
	Verre........	10000 à 5576—	5805.
	Plomb.......	10000 à 5143—	6482.
	Étain.........	10000 à 4898—	4921.
	Pierre calcaire tendre	10000 à 4194—	4659.

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Fer et....	Glaise........	10000 à 4198	4490.
	Bismuth......	10000 à 3580	4081.
	Craie........	10000 à 3086	3878.
	Gypse.......	10000 à 2325	2817.
	Bois.........	10000 à 1860	1549.
	Pierre ponce..	10000 à 1627	1268.

ÉMERIL.

Émeril et.	Cuivre.......	10000 à 8519	8148.
	Or..........	10000 à 8513	8560.
	Zinc.........	10000 à 8390	7692. 7458
	Argent......	10000 à 7778	7895.
	Pierre calcaire dure.......	10000 à 7304	6963.
	Grès.........	10000 à 6552	6517.
	Verre........	10000 à 5862	5506.
	Plomb.......	10000 à 5718	6643.
	Étain........	10000 à 5658	6000.
	Glaise........	10000 à 5185	5185.
	Bismuth......	10000 à 4949	6060.
	Antimoine....	10000 à 4540	5827.
	Ocre.........	10000 à 4259	3827.
	Craie........	10000 à 3684	4105.
	Gypse.......	10000 à 2368	2947.
	Bois.........	10000 à 1552	3146.

CUIVRE.

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Cuivre et..	Or..........	10000 à 9136	—9194.
	Zinc.........	10000 à 8571	—9250. 7619
	Argent.......	10000 à 8395	—7823.
	Marbre commun.......	10000 à 7638	—8019.
	Grès.........	10000 à 7333	—8160.
	Verre........	10000 à 6667	—6567.
	Plomb.......	10000 à 6179	—7367.
	Étain........	10000 à 5746	—6916.
	Pierre calcaire tendre.....	10000 à 5168	—5633.
	Glaise........	10000 à 5652	—6363.
	Bismuth......	10000 à 5686	—5959.
	Antimoine....	10000 à 5130	—5808.
	Ocre.........	10000 à 5000	—4697.
	Craie........	10000 à 4068	—4368.

O R.

Or et . . .	Zinc.........	10000 à 9474	—9304. 8422
	Argent.......	10000 à 8936	—8686.
	Marbre blanc.	10000 à 8101	—7863.
	Marbre commun.......	10000 à 7342	—7435.

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Or et...	Pierre calcaire dure........	10000 à 7383	7516.
	Grès.........	10000 à 7368	7627.
	Verre........	10000 à 7103	5932.
	Plomb........	10000 à 6526	7500.
	Etain........	10000 à 6324	6051.
	Pierre calcaire tendre......	10000 à 6087	5811.
	Glaise........	10000 à 5814	5077.
	Bismuth......	10000 à 5658	7043.
	Porcelaine.....	10000 à 5526	5593.
	Antimoine....	10000 à 5395	6348.
	Ocre.........	10000 à 5349	4462.
	Craie........	10000 à 4571	4452.
	Gypse........	10000 à 2989	3293.

ZINC.

Zinc et...	Argent.......	10000 à 8904 10015	8990.
	Marbre blanc.	10000 à 8305 7194	8424.
	Grès.........	10000 à 6949 5838	7333.
	Plomb.......	10000 à 6051 4940	7947.

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Zinc et...	Étain........	10000 à 6777	6240.
		5666	
	Pierre calcaire tendre.....	10000 à 5536	7719.
		4425	
	Glaise.......	10000 à 5484	7458.
		4373	
	Bismuth.....	10000 à 5343	7547.
		4232	
	Antimoine....	10000 à 5246	6608.
		4135	
	Craie........	10000 à 3729	5862.
		2618	
	Gypse.......	10000 à 3409	4268.
		2298	

ARGENT.

Argent et.	Marbre blanc.	10000 à 8681	9200.
	Marbre commun.......	10000 à 7912	9040.
	Pierre calcaire dure.......	10000 à 7436	8580.
	Grès.........	10000 à 7361	7767.
	Verre........	10000 à 7230	7212.
	Plomb.......	10000 à 7154	9184.
	Étain........	10000 à 6176	6289.

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Argent et.	Pierre calcaire tendre	10000 à 6178	6287.
	Glaise.........	10000 à 6034	6710.
	Bismuth	10000 à 6308	8877.
	Porcelaine....	10000 à 5556	5242.
	Antimoine....	10000 à 5692	7653.
	Ocre.........	10000 à 5000	5658.
	Craie........	10000 à 4310	5000.
	Gypse.......	10000 à 2879	3366.
	Bois.........	10000 à 2353	1864.
	Pierre ponce..	10000 à 2059	1525.

MARBRE BLANC.

Marbre blanc et...	Marbre commun.......	10000 à 8992	9405.
	Pierre dure...	10000 à 8594	9130.
	Grès.........	10000 à 8286	8990.
	Plomb........	10000 à 7604	5555.
	Étain........	10000 à 7143	6792.
	Pierre calcaire tendre.....	10000 à 6792	7218.
	Glaise........	10000 à 6400	6286.
	Antimoine....	10000 à 6286	6792.
	Ocre.........	10000 à 5400	5571.
	Gypse.......	10000 à 4920	5116.
	Bois.........	10000 à 2200	2857.

MARBRE COMMUN.

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Marbre commun et	Pierre dure...	10000 à 9483	9655.
	Grès.........	10000 à 8767	9273.
	Plomb........	10000 à 7671	8590.
	Étain........	10000 à 7424	6666.
	Pierre tendre.	10000 à 7327	7959.
	Glaise........	10000 à 7272	7213.
	Antimoine....	10000 à 6279	8333.
	Ocre.........	10000 à 6136	6393.
	Craie........	10000 à 5581	6333.
	Bois.........	10000 à 2500	3279.

PIERRE CALCAIRE DURE.

Pierre dure et...	Grès.........	10000 à 9268	9355.
	Verre........	10000 à 8710	8352.
	Plomb.......	10000 à 8571	7931.
	Étain.........	10000 à 8075	7931.
	Pierre tendre..	10000 à 8000	8095.
	Glaise.......	10000 à 6190	6897.
	Ocre	10000 à 4762	5517.
	Bois.........	10000 à 2195	4516.

GRÈS.

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Grès et...	Verre........	10000 à 9324	7939.
	Plomb........	10000 à 8561	8950.
	Étain........	10000 à 7667	7633.
	Pierre tendre.	10000 à 7647	7193.
	Porcelaine....	10000 à 7364	7059.
	Antimoine....	10000 à 7333	6170.
	Gypse........	10000 à 4568	5000.
	Bois..........	10000 à 2368	4828.

VERRE.

Verre et..	Plomb........	10000 à 9318	8548.
	Étain........	10000 à 9107	8679.
	Glaise........	10000 à 7938	7643.
	Porcelaine....	10000 à 7692	8863.
	Ocre..........	10000 à 6289	6500.
	Craie..........	10000 à 6104	6195.
	Gypse........	10000 à 4160	6011.
	Bois..........	10000 à 2647	5514.

PLOMB.

Plomb et..	Étain........	10000 à 8695	8333.
	Pierre tendre.	10000 à 8437	7192.
	Glaise.......	10000 à 7878	8536.

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Plomb et..	Bismuth......	10000 à 8698	8750.
	Antimoine....	10000 à 8241	8201.
	Ocre.........	10000 à 6060	7073.
	Craie........	10000 à 5714	6111.
	Gypse........	10000 à 4736	5714.

ÉTAIN.

Étain et...	Glaise.......	10000 à 8823	9524.
	Bismuth......	10000 à 8888	9400.
	Antimoine....	10000 à 8710	9156.
	Ocre.........	10000 à 5882	7619.
	Craie........	10000 à 6364	6842.
	Gypse........	10000 à 4090	4912.

PIERRE CALCAIRE TENDRE.

Pierre tendre et..	Antimoine....	10000 à 7742	9545.
	Craie........	10000 à 7288	7312.
	Gypse........	10000 à 4182	5211.

GLAISE.

Glaise et..	Bismuth.....	10000 à 8870	9419.
	Ocre.........	10000 à 8400	8571.
	Craie........	10000 à 7701	8000.
	Gypse.......	10000 à 5185	8055.
	Bois.........	10000 à 3437	4545.

BISMUTH.

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Bismuth et	Antimoine...	10000 à 9349	9572.
	Ocre.........	10000 à 8846	7380.
	Craie........	10000 à 8620	9500.

PORCELAINE.

Porcelaine et gypse....... 10000 à 5308—6500.

ANTIMOINE.

Antimoine et	Craie........	10000 à 8431—7391.
	Gypse.......	10000 à 5833—5476.

OCRE.

Ocre et...	Craie........	10000 à 8654—8889.
	Gypse.......	10000 à 6364—9062.
	Bois.........	10000 à 4074—5128.

CRAIE.

Craie et gypse........... 10000 à 6667—7920.

GYPSE.

Gypse et..	Bois.........	10000 à 8000—5250.
	Pierre ponce..	10000 à 7000—4500.

BOIS.

Bois et pierre ponce...... 10000 à 8750—8182.

Quelque attention que j'aie donnée à mes expériences, quelque soin que j'aie pris pour en rendre les rapports plus exacts, j'avoue qu'il y a encore quelques imperfections dans cette table qui les contient tous ; mais ces défauts sont légers et n'influent pas beaucoup sur les résultats généraux : par exemple, on s'appercevra aisément que le rapport du zinc au plomb étant de 10000 à 6051, celui du zinc à l'étain devroit être moindre de 6000, tandis qu'il se trouve dans la table de 6777. Il en est de même de celui de l'argent au bismuth, qui devroit être moindre que 6308, et encore de celui du plomb à la glaise, qui devroit être de plus de 8000, et qui ne se trouve être dans la table que de 7878; mais cela provient de ce que les boulets de plomb et de bismuth n'ont pas toujours été les mêmes : ils se sont fondus aussi bien que ceux d'étain et d'antimoine; ce qui n'a pu manquer de produire des variations, dont les plus grandes sont les trois que je viens de remarquer. Il ne m'a pas été possible de faire mieux : les differens boulets de plomb, d'étain, de bismuth et d'antimoine, dont je me suis successivement servi, étoient

faits, à la vérité, sur le même calibre : mais la matière de chacun pouvoit être un peu différente, selon la quantité d'alliage du plomb et de l'étain; car je n'ai eu de l'étain pur que pour les deux premiers boulets : d'ailleurs il reste assez souvent une petite cavité dans ces boulets fondus, et ces petites causes suffisent pour produire les petites différences qu'on pourra remarquer dans ma table.

Il en est de même du rapport de l'étain à l'ocre, qui devroit être de plus de 6000, et qui ne se trouve dans la table que de 5882, parce que l'ocre étant une matière friable qui diminue par le frottement, j'ai été obligé de changer trois ou quatre fois les boulets d'ocre. J'avoue qu'en donnant à ces expériences le double du très-long temps que j'y ai employé, j'aurois pu parvenir à un plus grand degré de précision; mais je me flatte qu'il y en a suffisamment pour qu'on soit convaincu de la vérité des résultats que l'on peut en tirer. Il n'y a guère que les personnes accoutumées à faire des expériences qui sachent combien il est difficile de constater un seul fait de la nature par tous les moyens que l'art peut

nous fournir : il faut joindre la patience au génie, et souvent cela ne suffit pas encore; il faut quelquefois renoncer, malgré soi, au degré de précision que l'on desireroit, parce que cette précision en exigeroit une toute aussi grande dans toutes les mains dont on se sert, et demanderoit en même temps une parfaite égalité dans toutes les matières que l'on emploie : aussi tout ce que l'on peut faire en physique expérimentale ne peut pas nous donner des résultats rigoureusement exacts, et ne peut aboutir qu'à des approximations plus ou moins grandes; et quand l'ordre général de ces approximations ne se dément que par de légères variations, on doit être satisfait.

Au reste, pour tirer de ces nombreuses expériences tout le fruit que l'on doit en attendre, il faut diviser les matières qui en font l'objet, en quatre classes ou genres différens : 1°. les métaux; 2°. les demi-métaux et minéraux métalliques; 3°. les substances vitrées et vitrescibles; 4°. les substances calcaires et calcinables : comparer ensuite les matières de chaque genre entre elles, pour tâcher de reconnoître la cause ou les causes

de l'ordre que suit le progrès de la chaleur dans chacune ; et enfin comparer les genres même entre eux, pour essayer d'en déduire quelques résultats généraux.

I.

L'ORDRE des six métaux, suivant leur densité, est, étain, fer, cuivre, argent, plomb, or ; tandis que l'ordre dans lequel ces métaux reçoivent et perdent la chaleur, est, étain, plomb, argent, or, cuivre, fer, dans lequel il n'y a que l'étain qui conserve sa place.

Le progrès et la durée de la chaleur dans les métaux ne suit donc pas l'ordre de leur densité, si ce n'est pour l'étain, qui, étant le moins dense de tous, est en même temps celui qui perd le plus tôt sa chaleur : mais l'ordre des cinq autres métaux nous démontre que c'est dans le rapport de leur fusibilité que tous reçoivent et perdent la chaleur; car le fer est plus difficile à fondre que le cuivre, le cuivre l'est plus que l'or, l'or plus que l'argent, l'argent plus que le plomb, et le plomb plus que l'étain : on doit donc en conclure que ce n'est qu'un

hasard si la densité et la fusibilité de l'étain se trouvent ici réunies pour le placer au dernier rang.

Cependant ce seroit trop s'avancer que de prétendre qu'on doit tout attribuer à la fusibilité, et rien du tout à la densité; la nature ne se dépouille jamais d'une de ses propriétés en faveur d'une autre, d'une manière absolue, c'est-à-dire, de façon que la première n'influe en rien sur la seconde : ainsi la densité peut bien entrer pour quelque chose dans le progrès de la chaleur; mais au moins nous pouvons prononcer affirmativement que, dans les six métaux, elle n'y fait que très-peu, au lieu que la fusibilité y fait presque le tout.

Cette première vérité n'étoit connue ni des chimistes ni des physiciens : on n'auroit pas même imaginé que l'or, qui est plus de deux fois et demie plus dense que le fer, perd néanmoins sa chaleur un demi-tiers plus vîte. Il en est de même du plomb, de l'argent et du cuivre, qui tous sont plus denses que le fer, et qui, comme l'or, s'échauffent et se refroidissent plus promptement; car, quoiqu'il ne soit question que du refroidissement dans ce second mémoire, les expé-

riences du mémoire qui précède celui-ci démontrent, à n'en pouvoir douter, qu'il en est de l'entrée de la chaleur dans les corps comme de sa sortie, et que ceux qui la reçoivent le plus vîte sont en même temps ceux qui la perdent plus tôt.

Si l'on réfléchit sur les principes réels de la densité et sur la cause de la fusibilité, on sentira que la densité dépend absolument de la quantité de matière que la nature place dans un espace donné; que plus elle peut y en faire entrer, plus il y a de densité, et que l'or est, à cet égard, la substance qui de toutes contient le plus de matière relativement à son volume. C'est pour cette raison que l'on avoit cru jusqu'ici qu'il falloit plus de temps pour échauffer ou refroidir l'or que les autres métaux. Il est en effet assez naturel de penser que, contenant sous le même volume le double ou le triple de matière, il faudroit le double ou le triple du temps pour la pénétrer de chaleur; et cela seroit vrai si, dans toutes les substances, les parties constituantes étoient de la même figure, et en conséquence toutes arrangées de même. Mais, dans les unes comme dans les plus denses,

les molécules de la matière sont probablement de figure assez régulière pour ne pas laisser entre elles de très-grands espaces vides; dans d'autres moins denses, leurs figures plus irrégulières laissent des vides plus nombreux et plus grands; et dans les plus légères, les molécules étant en petit nombre, et probablement de figure très-irrégulière, il se trouve mille et mille fois plus de vide que de plein : car on peut démontrer, par d'autres expériences, que le volume de la substance même la plus dense contient encore beaucoup plus d'espace vide que de matière pleine.

Or la principale cause de la fusibilité est la facilité que les particules de la chaleur trouvent à séparer les unes des autres ces molécules de la matière pleine : que la somme des vides en soit plus ou moins grande, ce qui fait la densité ou la légéreté, cela est indifférent à la séparation des molécules qui constituent le plein, et la plus ou moins grande fusibilité dépend en entier de la force de cohérence qui tient unies ces parties massives et s'oppose plus ou moins à leur séparation. La dilatation du volume total est le premier

degré de l'action de la chaleur ; et, dans les différens métaux, elle se fait dans le même ordre que la fusion de la masse, qui s'opère par un plus grand degré de chaleur ou de feu. L'étain, qui de tous se fond le plus promptement, est aussi celui qui se dilate le plus vîte ; et le fer, qui est de tous le plus difficile à fondre, est de même celui dont la dilatation est la plus lente.

D'après ces notions générales, qui paroissent claires, précises, et fondées sur des expériences que rien ne peut démentir, on seroit porté à croire que la ductilité doit suivre l'ordre de la fusibilité, parce que la plus ou moins grande ductilité semble dépendre de la plus ou moins grande adhésion des parties dans chaque métal ; cependant cet ordre de la ductilité des métaux paroît avoir autant de rapport à l'ordre de la densité qu'à celui de leur fusibilité. Je dirois volontiers qu'il est en raison composée des deux autres, mais ce n'est que par estime et par une présomption qui n'est peut-être pas assez fondée ; car il n'est pas aussi facile de déterminer au juste les différens degrés de la fusibilité que ceux de la densité ; et comme la ductilité

participe des deux, et qu'elle varie suivant les circonstances, nous n'avons pas encore acquis les connoissances nécessaires pour prononcer affirmativement sur ce sujet, qui est d'une assez grande importance pour mériter des recherches particulières. Le même métal traité à froid ou à chaud donne des résultats tout différens : la malléabilité est le premier indice de la ductilité; mais elle ne nous donne néanmoins qu'une notion assez imparfaite du point auquel la ductilité peut s'étendre. Le plomb, le plus souple, le plus malléable des métaux, ne peut se tirer à la filière en fils aussi fins que l'or, ou même que le fer, qui, de tous, est le moins malléable. D'ailleurs il faut aider la ductilité des métaux par l'addition du feu, sans quoi ils s'écrouissent et deviennent cassans; le fer même, quoique le plus robuste de tous, s'écrouit comme les autres. Ainsi la ductilité d'un métal et l'étendue de continuité qu'il peut supporter, dépendent non seulement de sa densité et de sa fusibilité, mais encore de la manière dont on le traite, de la percussion plus lente ou plus prompte, et de l'addition de chaleur ou de feu qu'on lui donne à propos.

I I.

Maintenant si nous comparons les substances qu'on appelle *demi-métaux* et *minéraux métalliques* qui manquent de ductilité, nous verrons que l'ordre de leur densité est, émeril, zinc, antimoine, bismuth, et que celui dans lequel ils reçoivent et perdent la chaleur est, antimoine, bismuth, zinc, émeril ; ce qui ne suit en aucune façon l'ordre de leur densité, mais plutôt celui de leur fusibilité. L'émeril, qui est un minéral ferrugineux, quoiqu'une fois moins dense que le bismuth, conserve la chaleur une fois plus long-temps; le zinc, plus léger que l'antimoine et le bismuth, conserve aussi la chaleur beaucoup plus long-temps ; l'antimoine et le bismuth la reçoivent et la gardent à peu près également. Il en est donc des demi-métaux et des minéraux métalliques comme des métaux : le rapport dans lequel ils reçoivent et perdent la chaleur, est à peu près le même que celui de leur fusibilité, et ne tient que très-peu ou point du tout à celui de leur densité.

Mais en joignant ensemble les six métaux

et les quatre demi-métaux ou minéraux métalliques que j'ai soumis à l'épreuve, on verra que l'ordre des densités de ces dix substances minérales, est,

Émeril, zinc, antimoine, étain, fer, cuivre, bismuth, argent, plomb, or;

Et que l'ordre dans lequel ces substances s'échauffent et se refroidissent, est,

Antimoine, bismuth, étain, plomb, argent, zinc, or, cuivre, émeril, fer:

Dans lequel il y a deux choses qui ne paroissent pas bien d'accord avec l'ordre de la fusibilité:

1°. L'antimoine, qui devroit s'échauffer et se refroidir plus lentement que le plomb, puisqu'on a vu par les expériences de Newton, citées dans le Mémoire précédent, que l'antimoine demande pour se fondre, dix degrés de la même chaleur, dont il n'en faut que huit pour fondre le plomb; au lieu que, par mes expériences, il se trouve que l'antimoine s'échauffe et se refroidit plus vîte que le plomb. Mais on observera que Newton s'est servi de régule d'antimoine, et que je n'ai employé dans mes expériences que de l'antimoine fondu: or le régule d'antimoine ou

l'antimoine naturel est bien plus difficile à fondre que l'antimoine qui a déja subi une première fusion ; ainsi cela ne fait point une exception à la règle. Au reste, j'ignore quel rapport il y auroit entre l'antimoine naturel ou régule d'antimoine et les autres matières que j'ai fait chauffer et refroidir ; mais je présume, d'après l'expérience de Newton, qu'il s'échaufferoit et se refroidiroit plus lentement que le plomb.

2°. L'on prétend que le zinc se fond bien plus aisément que l'argent : par conséquent il devroit se trouver avant l'argent dans l'ordre indiqué par mes expériences, si cet ordre étoit, dans tous les cas, relatif à celui de la fusibilité ; et j'avoue que ce demi-métal semble, au premier coup d'œil, faire une exception à cette loi que suivent tous les autres : mais il faut observer, 1°. que la différence donnée par mes expériences entre le zinc et l'argent est fort petite ; 2°. que le petit globe d'argent dont je me suis servi, étoit de l'argent le plus pur, sans la moindre partie de cuivre ni d'autre alliage, et l'argent pur doit se fondre plus aisément et s'échauffer plus vîte que l'argent mêlé de cuivre ;

5°. quoique le petit globe de zinc m'ait été donné par un de nos habiles chimistes *, ce n'est peut-être pas du zinc absolument pur et sans mélange de cuivre, ou de quelque autre matière encore moins fusible. Comme ce soupçon m'étoit resté après toutes mes expériences faites, j'ai remis le globe de zinc à M. Rouelle, qui me l'avoit donné, en le priant de s'assurer s'il ne contenoit pas du fer ou du cuivre, ou quelque autre matière qui s'opposeroit à la fusibilité. Les épreuves en ayant été faites, M. Rouelle a trouvé dans ce zinc une quantité assez considérable de fer, ou safran de mars : j'ai donc eu la satisfaction de voir que non seulement mon soupçon étoit bien fondé, mais encore que mes expériences ont été faites avec assez de précision pour faire reconnoître un mélange dont il n'étoit pas aisé de se douter. Ainsi le zinc suit aussi exactement que les autres métaux et demi-métaux dans le progrès de la chaleur l'ordre de la fusibilité, et ne fait point une exception à la règle. On peut donc dire, en général,

* M. Rouelle, démonstrateur de chimie aux écoles du Jardin du roi.

que le progrès de la chaleur dans les métaux, demi-métaux et minéraux métalliques, est en même raison, ou du moins en raison très-voisine de celle de leur fusibilité *.

I I I.

Les matières vitrescibles et vitrées que j'ai mises à l'épreuve, étant rangées suivant l'ordre de leur densité, sont :

Pierre ponce, porcelaine, ocre, glaise, verre, crystal de roche et grès ; car je dois observer que quoique le crystal ne soit porté dans la table des poids de chaque matière que

* Le globe de zinc sur lequel ont été faites toutes les expériences s'étant trouvé mêlé d'une portion de fer, j'ai été obligé de substituer dans la table générale, aux premiers rapports, de nouveaux rapports que j'ai placés sous les autres : par exemple, le rapport du fer au zinc de 10000 à 7654 n'est pas le vrai rapport, et c'est celui de 10000 à 6804 écrit au-dessous qu'il faut adopter. Il en est de même de toutes les autres corrections que j'ai faites d'un neuvième sur chaque nombre, parce que j'ai reconnu que la portion de fer contenue dans ce zinc avoit diminué au moins d'un neuvième le progrès de la chaleur.

pour six gros vingt-deux grains, il doit être supposé plus pesant d'environ un gros, parce qu'il étoit sensiblement trop petit : et c'est par cette raison que je l'ai exclu de la table générale des rapports, ayant rejeté toutes les expériences que j'ai faites avec ce globe trop petit. Néanmoins le résultat général s'accorde assez avec les autres pour que je puisse le présenter. Voici donc l'ordre dans lequel ces différentes substances se sont refroidies, pierre ponce, ocre, porcelaine, glaise, verre, crystal et grès, qui, comme l'on voit, est le même que celui de la densité; car l'ocre ne se trouve ici avant la porcelaine que parce qu'étant une matière friable, il s'est diminué par le frottement qu'il a subi dans les expériences; et d'ailleurs sa densité diffère si peu de la porcelaine, qu'on peut les regarder comme égales.

Ainsi la loi du progrès de la chaleur dans les matières vitrescibles et vitrées est relative à l'ordre de leur densité, et n'a que peu ou point de rapport avec leur fusibilité, par la raison qu'il faut, pour fondre toutes ces substances, un degré presque égal du feu le plus violent, et que les degrés particuliers de leur

différente fusibilité sont si près les uns des autres, qu'on ne peut pas en faire un ordre composé de termes distincts. Ainsi leur fusibilite presque égale ne faisant qu'un terme, qui est l'extrême de cet ordre de fusibilité, on ne doit pas être étonné de ce que le progrès de la chaleur suit ici l'ordre de la densité, et que ces différentes substances, qui toutes sont également difficiles à fondre, s'échauffent et se refroidissent plus lentement et plus vîte, à proportion de la quantité de matière qu'elles contiennent.

On pourra m'objecter que le verre se fond plus aisément que la glaise, la porcelaine, l'ocre et la pierre ponce, qui néanmoins s'échauffent et se refroidissent en moins de temps que le verre; mais l'objection tombera lorsqu'on réfléchira qu'il faut, pour fondre le verre, un feu très-violent, dont le degré est si éloigné des degrés de chaleur que reçoit le verre dans nos expériences sur le refroidissement, qu'il ne peut influer sur ceux-ci. D'ailleurs, en pulvérisant la glaise, la porcelaine, l'ocre et la pierre ponce, et leur donnant des fondans analogues, comme l'on en donne au sable pour le convertir en verre, il est plus

que probable qu'on feroit fondre toutes ces matières au même degré de feu, et que par conséquent on doit regarder comme égale ou presque égale leur résistance à la fusion; et c'est par cette raison que la loi du progrès de la chaleur dans ces matières se trouve proportionnelle à l'ordre de leur densité.

IV.

Les matières calcaires, rangées suivant l'ordre de leur densité, sont:

Craie, pierre tendre, pierre dure, marbre commun, marbre blanc.

L'ordre dans lequel elles s'échauffent et se refroidissent, est, craie, pierre tendre, pierre dure, marbre commun et marbre blanc, qui, comme l'on voit, est le même que celui de leur densité. La fusibilité n'y entre pour rien, parce qu'il faut d'abord un très-grand degré de feu pour les calciner, et que quoique la calcination en divise les parties, on ne doit en regarder l'effet que comme un premier degré de fusion, et non pas comme une fusion complète; toute la puissance des meilleurs miroirs ardens suffit à peine pour

l'opérer. J'ai fondu et réduit en une espèce de verre quelques unes de ces matières calcaires au foyer d'un de mes miroirs, et je me suis convaincu que ces matières peuvent, comme toutes les autres, se réduire ultérieurement en verre, sans y employer aucun fondant, et seulement par la force d'un feu bien supérieur à celui de nos fourneaux. Par conséquent, le terme commun de leur fusibilité est encore plus éloigné et plus extrême que celui des matières vitrées; et c'est par cette raison qu'elles suivent aussi plus exactement, dans le progrès de la chaleur, l'ordre de la densité.

Le gypse blanc, qu'on appelle improprement albâtre, est une matière qui se calcine, comme tous les autres plâtres, à un degré de feu plus médiocre que celui qui est nécessaire pour la calcination des matières calcaires: aussi ne suit-il pas l'ordre de la densité dans le progrès de la chaleur qu'il reçoit ou qu'il perd; car, quoique beaucoup plus dense que la craie, et un peu plus dense que la pierre calcaire blanche, il s'échauffe et se refroidit néanmoins bien plus promptement que l'une et l'autre de ces matières. Ceci nous

démontre que la calcination et la fusion, plus ou moins faciles, produisent le même effet relativement au progrès de la chaleur. Les matières gypseuses ne demandent pas, pour se calciner, autant de feu que les matières calcaires; et c'est par cette raison que, quoique plus denses, elles s'échauffent et se refroidissent plus vîte.

Ainsi on peut assurer en général que *le progrès de la chaleur, dans toutes les substances minérales, est toujours à très-peu près en raison de leur plus ou moins grande facilité à se calciner ou à se fondre;* mais que quand leur calcination ou leur fusion sont *également difficiles, et qu'elles exigent un degré de chaleur extrême,* alors *le progrès de la chaleur se fait suivant l'ordre de leur densité.*

Au reste, j'ai déposé au Cabinet du roi les globes d'or, d'argent, et de toutes les autres substances métalliques et minérales qui ont servi aux expériences précédentes, afin de les rendre plus authentiques, en mettant à portée de les vérifier, ceux qui voudroient douter de la vérité de leurs résultats, et de la conséquence générale que je viens d'en tirer.

TROISIÈME MÉMOIRE.

Observations sur la nature de la platine.

On vient de voir que de toutes les substances minérales que j'ai mises à l'épreuve, ce ne sont pas les plus denses, mais les moins fusibles, auxquelles il faut le plus de temps pour recevoir et perdre la chaleur : le fer et l'émeril, qui sont les matières métalliques les plus difficiles à fondre, sont en même temps celles qui s'échauffent et se refroidissent le plus lentement. Il n'y a dans la nature que la platine qui pourroit être encore moins accessible à la chaleur, et qui la conserveroit plus long-temps que le fer. Ce minéral, dont on ne parle que depuis peu, paroît être encore plus difficile à fondre ; le feu des meilleurs fourneaux n'est pas assez violent pour produire cet effet, ni même pour en agglutiner les petits grains, qui sont tous anguleux, émoussés, durs, et assez semblables, pour la forme, à de la grosse limaille de fer, mais d'une couleur un peu jaunâtre : et quoiqu'on

puisse les faire couler sans addition de fondans, et les réduire en masse au foyer d'un bon miroir brûlant, la platine semble exiger plus de chaleur que la mine et la limaille de fer, que nous faisons aisément fondre à nos fourneaux de forge. D'ailleurs la densité de la platine étant beaucoup plus grande que celle du fer, les deux qualités de densité et de non-fusibilité se réunissent ici pour rendre cette matière la moins accessible de toutes au progrès de la chaleur. Je présume donc que la platine seroit à la tête de ma table, et avant le fer, si je l'avois mise en expérience; mais il ne m'a pas été possible de m'en procurer un globe d'un pouce de diamètre : on ne la trouve qu'en grains[1]; et celle qui est en masse n'est pas pure, parce qu'on y a mêlé, pour la fondre, d'autres matières qui en ont altéré la nature. Un de mes amis[2],

[1] Un homme digne de foi m'a néanmoins assuré qu'on trouve quelquefois de la platine en masse, et qu'il en avoit vu un morceau de vingt livres pesant qui n'avoit point été fondu, mais tiré de la mine même.

[2] M. le comte de la Billardrie d'Angiviller, de l'académie des sciences, intendant en survivance du Jardin et du Cabinet du roi.

homme de beaucoup d'esprit, qui a la bonté de partager souvent mes vues, m'a mis à portée d'examiner cette substance métallique encore rare, et qu'on ne connoît pas assez. Les chimistes qui ont travaillé sur la platine, l'ont regardée comme un métal nouveau, parfait, propre, particulier et différent de tous les autres métaux : ils ont assuré que sa pesanteur spécifique étoit à très-peu près égale à celle de l'or; que néanmoins ce huitième métal différoit d'ailleurs essentiellement de l'or, n'en ayant ni la ductilité ni la fusibilité. J'avoue que je suis dans une opinion différente, et même toute opposée. Une matière qui n'a ni ductilité ni fusibilité, ne doit pas être mise au nombre des métaux, dont les propriétés essentielles et communes sont d'être fusibles et ductiles. Et la platine, d'après l'examen que j'en ai pu faire, ne me paroît pas être un nouveau métal différent de tous les autres, mais un mélange, un alliage de fer et d'or formé par la nature, dans lequel la quantité d'or semble dominer sur la quantité de fer; et voici les faits sur lesquels je crois pouvoir fonder cette opinion.

De huit onces trente-cinq grains de platine

que m'a fournis M. d'Angiviller, et que j'ai présentés à une forte pierre d'aimant, il ne m'est resté qu'une once un gros vingt-neuf grains ; tout le reste a été enlevé par l'aimant, à deux gros près, qui ont été réduits en poudre qui s'est attachée aux feuilles de papier, et qui les a profondément noircies, comme je le dirai tout-à-l'heure. Cela fait donc à très-peu près six septièmes du total qui ont été attirés par l'aimant; ce qui est une quantité si considérable, relativement au tout, qu'il est impossible de se refuser à croire que le fer ne soit contenu dans la substance intime de la platine, et qu'il n'y soit même en assez grande quantité. Il y a plus : c'est que si je ne m'étois pas lassé de ces expériences, qui ont duré plusieurs jours, j'aurois encore tiré par l'aimant une grande partie du restant de mes huit onces de platine ; car l'aimant en attiroit encore quelques grains un à un, et quelquefois deux quand on a cessé de le présenter. Il y a donc beaucoup de fer dans la platine; et il n'y est pas simplement mêlé comme matière étrangère, mais intimement uni, et faisant partie de sa substance : ou, si l'on veut le nier, il faudra

supposer qu'il existe dans la nature une seconde matière qui, comme le fer, est attirable par l'aimant; mais cette supposition gratuite tombera par les autres faits que je vais rapporter.

Toute la platine que j'ai eu occasion d'examiner, m'a paru mélangée de deux matières différentes : l'une noire, et très-attirable par l'aimant; l'autre en plus gros grains, d'un blanc livide un peu jaunâtre, et beaucoup moins magnétique que la première. Entre ces deux matières, qui sont les deux extrêmes de cette espèce de mélange, se trouvent toutes les nuances intermédiaires, soit pour le magnétisme, soit pour la couleur et la grosseur des grains. Les plus magnétiques, qui sont en même temps les plus noirs et les plus petits, se réduisent aisément en poudre par un frottement assez léger, et laissent sur le papier blanc la même couleur que le plomb frotté. Sept feuilles de papier dont on s'est servi successivement pour exposer la platine à l'action de l'aimant, ont été noircies sur toute l'étendue qu'occupoit la platine, les dernières feuilles moins que les premières à mesure qu'elle se trioit, et que les grains qui

restoient étoient moins noirs et moins magnétiques. Les plus gros grains, qui sont les plus colorés et les moins magnétiques, au lieu de se réduire en poussière comme les petits grains noirs, sont au contraire très-durs et résistent à toute trituration; néanmoins ils sont susceptibles d'extension dans un mortier d'agate*, sous les coups réitérés d'un pilon de même matière, et j'en ai applati et étendu plusieurs grains au double et au triple de l'étendue de leur surface : cette partie de la platine a donc un certain degré de malléabilité et de ductilité, tandis que la partie noire ne paroît être ni malléable ni ductile. Les grains intermédiaires participent des qualités des deux extrêmes, ils sont aigres et durs; ils se cassent ou s'étendent plus difficilement sous les coups du pilon, et donnent un peu de poudre noire, mais moins noire que la première.

Ayant recueilli cette poudre noire et les grains les plus magnétiques que l'aimant avoit attirés les premiers, j'ai reconnu que

* Je n'ai pas voulu les étendre sur le tas d'acier, dans la crainte de leur communiquer plus de magnétisme qu'ils n'en ont naturellement.

le tout étoit du vrai fer, mais dans un état différent du fer ordinaire. Celui-ci, réduit en poudre et en limaille, se charge de l'humidité et se rouille aisément : à mesure que la rouille le gagne, il devient moins magnétique, et finit absolument par perdre cette qualité magnétique lorsqu'il est entièrement et intimement rouillé ; au lieu que cette poudre de fer, ou, si l'on veut, ce sablon ferrugineux qui se trouve dans la platine, est au contraire inaccessible à la rouille, quelque long temps qu'il soit exposé à l'humidité : il est aussi plus infusible et beaucoup moins dissoluble que le fer ordinaire; mais ce n'en est pas moins du fer, qui ne m'a paru différer du fer connu que par une plus grande pureté. Ce sablon est en effet du fer absolument dépouillé de toutes les parties combustibles, salines et terreuses, qui se trouvent dans le fer ordinaire, et même dans l'acier : il paroît enduit et recouvert d'un vernis vitreux qui le défend de toute altération. Et ce qu'il y a de très-remarquable, c'est que ce sablon de fer pur n'appartient pas exclusivement, à beaucoup près, à la mine de platine ; j'en ai trouvé, quoique toujours

en petite quantité, dans plusieurs endroits où l'on a fouillé les mines de fer qui se consomment à mes forges. Comme je suis dans l'usage de soumettre à plusieurs épreuves toutes les mines que je fais exploiter, avant de me déterminer à les faire travailler en grand pour l'usage de mes fourneaux, je fus assez surpris de voir que, dans quelques unes de ces mines, qui toutes sont en grains, et dont aucune n'est attirable par l'aimant, il se trouvoit néanmoins des particules de fer un peu arrondies et luisantes comme de la limaille de fer, et tout-à-fait semblables au sablon ferrugineux de la platine; elles sont tout aussi magnétiques, tout aussi peu fusibles, tout aussi difficilement dissolubles. Tel fut le résultat de la comparaison que je fis du sablon de la platine, et de ce sablon trouvé dans deux de mes mines de fer, à trois pieds de profondeur, dans des terrains où l'eau pénètre assez facilement : j'avois peine à concevoir d'où pouvoient provenir ces particules de fer; comment elles avoient pu se défendre de la rouille depuis des siècles qu'elles sont exposées à l'humidité de la terre; enfin comment ce fer très-magnétique pou-

voit avoir été produit dans des veines de mines qui ne le sont point du tout. J'ai appelé l'expérience à mon secours, et je me suis assez éclairé sur tous ces points pour être satisfait. Je savois, par un grand nombre d'observations, qu'aucune de nos mines de fer en grains n'est attirable par l'aimant : j'étois bien persuadé, comme je le suis encore, que toutes les mines de fer, qui sont magnétiques, n'ont acquis cette propriété que par l'action du feu ; que les mines du Nord, qui sont assez magnétiques pour qu'on les cherche avec la boussole, doivent leur origine à l'élément du feu, tandis que toutes nos mines en grains, qui ne sont point du tout magnétiques, n'ont jamais subi l'action du feu, et n'ont été formées que par le moyen ou l'intermède de l'eau. Je pensai donc que ce sablon ferrugineux et magnétique que je trouvois en petite quantité dans mes mines de fer, devoit son origine au feu; et ayant examiné le local, je me confirmai dans cette idée. Le terrain où se trouve ce sablon magnétique est en bois, de temps immémorial; on y a fait très-anciennement et on y fait tous les jours des fourneaux de charbon : il est aussi

plus que probable qu'il y a eu dans ces bois des incendies considérables. Le charbon et le bois brûlé, sur-tout en grande quantité, produisent du mâchefer, et ce mâchefer renferme la partie la plus fixe du fer que contiennent les végétaux : c'est ce fer fixe qui forme le sablon dont il est question, lorsque le mâchefer se décompose par l'action de l'air, du soleil et des pluies; car alors ces particules de fer pur, qui ne sont point sujettes à la rouille ni à aucune autre espèce d'altération, se laissent entraîner par l'eau, et pénètrent dans la terre avec elle à quelques pieds de profondeur. On pourra vérifier ce que j'avance ici, en faisant broyer du mâchefer bien brûlé; on y trouvera toujours une petite quantité de ce fer pur, qui, ayant résisté à l'action du feu, résiste également à celle des dissolvans, et ne donne point de prise à la rouille *.

* J'ai reconnu, dans le Cabinet d'histoire naturelle, des sablons ferrugineux de même espèce que celui de mes mines, qui m'ont été envoyés de différens endroits, et qui sont également magnétiques. On en trouve à Quimper en Bretagne, en Danemarck, en Sibérie, à Saint-Domingue; et les ayant tous comparés, j'ai vu que le sablon ferrugineux de

M'étant satisfait sur ce point, et après avoir comparé le sablon tiré de mes mines de fer et du mâchefer avec celui de la platine assez pour ne pouvoir douter de leur identité, je ne fus pas long-temps à penser, vu la pesanteur spécifique de la platine, que si ce sablon de fer pur, provenant de la composition du mâchefer, au lieu d'être dans une mine de fer, se trouvoit dans le voisinage d'une mine d'or, il auroit, en s'unissant à ce dernier métal, formé un alliage qui seroit absolument de la même nature que la platine. On

Quimper étoit celui qui ressembloit le plus au mien, et qu'il n'en différoit que par un peu plus de pesanteur spécifique. Celui de Saint-Domingue est plus léger, celui de Danemarck est moins pur et plus mélangé de terre, et celui de Sibérie est en masse et en morceaux gros comme le pouce, solides, pesans, et que l'aimant soulève à peu près comme si c'étoit une masse de fer pur. On peut donc présumer que ces sablons magnétiques provenant du mâchefer se trouvent aussi communément que le mâchefer même, mais seulement en bien plus petite quantité. Il est rare qu'on en trouve des amas un peu considérables, et c'est par cette raison qu'ils ont échappé, pour la plupart, aux recherches des minéralogistes.

sait que l'or et le fer ont un grand degré d'affinité; on sait que la plupart des mines de fer contiennent une petite quantité d'or; on sait donner à l'or la teinture, la couleur et même l'aigre du fer, en les faisant fondre ensemble : on emploie cet or couleur de fer sur différens bijoux d'or, pour en varier les couleurs; et cet or mêlé de fer est plus ou moins gris, et plus ou moins aigre, suivant la quantité de fer qui entre dans le mélange. J'en ai vu d'une teinte absolument semblable à la couleur de la platine. Ayant demandé à un orfèvre quelle étoit la proportion de l'or et du fer dans ce mélange, qui étoit de la couleur de la platine, il me dit que l'or de vingt-quatre karats n'étoit plus qu'à dix-huit karats, et qu'il y entroit un quart de fer. On verra que c'est à peu près la proportion qui se trouve dans la platine naturelle, si l'on en juge par la pesanteur spécifique. Cet or mêlé de fer est plus dur, plus aigre et spécifiquement moins pesant que l'or pur. Toutes ces convenances, toutes ces qualités communes avec la platine, m'ont persuadé que ce prétendu métal n'est, dans le vrai, qu'un alliage d'or et de fer, et non pas une substance

particulière, un métal nouveau, parfait, et différent de tous les autres métaux, comme les chimistes l'ont avancé.

On peut d'ailleurs se rappeler que l'alliage aigrit tous les métaux, et que quand il y a pénétration, c'est-à-dire, augmentation dans la pesanteur spécifique, l'alliage en est d'autant plus aigre que la pénétration est plus grande, et le mélange devenu plus intime, comme on le reconnoît dans l'alliage appelé *métal des cloches*, quoiqu'il soit composé de deux métaux très-ductiles. Or rien n'est plus aigre ni plus pesant que la platine : cela seul auroit dû faire soupçonner que ce n'est qu'un alliage fait par la nature, un mélange de fer et d'or, qui doit sa pesanteur spécifique en partie à ce dernier métal, et peut-être aussi en grande partie à la pénétration des deux matières dont il est composé.

Néanmoins cette pesanteur spécifique de la platine n'est pas aussi grande que nos chimistes l'ont publié. Comme cette matière, traitée seule et sans addition de fondans, est très-difficile à réduire en masse, qu'on n'en peut obtenir au feu du miroir brûlant que de très-petites masses, et que les expériences

hydrostatiques faites sur de petits volumes sont si défectueuses, qu'on n'en peut rien conclure, il me paroît qu'on s'est trompé sur l'estimation de la pesanteur spécifique de ce minéral. J'ai mis de la poudre d'or dans un petit tuyau de plume, que j'ai pesé très-exactement : j'ai mis dans le même tuyau un égal volume de platine; il pesoit près d'un dixième de moins : mais cette poudre d'or étoit beaucoup trop fine en comparaison de la platine. M. Tillet, qui joint à une connoissance approfondie des métaux le talent rare de faire des expériences avec la plus grande précision, a bien voulu répéter, à ma prière, celle de la pesanteur spécifique de la platine comparée à l'or pur. Pour cela, il s'est servi, comme moi, d'un tuyau de plume, et il a fait couper à la cisaille de l'or à vingt-quatre karats, réduit autant qu'il étoit possible à la grosseur des grains de la platine, et il a trouvé, par huit expériences, que la pesanteur de la platine différoit de celle de l'or pur d'un quinzième à très-peu près; mais nous avons observé tous deux que les grains d'or coupés à la cisaille avoient les angles beaucoup plus vifs que la platine. Celle-ci, vue à

la loupe, est à peu près de la forme des galets roulés par l'eau ; tous les angles sont émoussés, elle est même douce au toucher, au lieu que les grains de cet or coupés à la cisaille avoient des angles vifs et des pointes tranchantes, en sorte qu'ils ne pouvoient pas s'ajuster ni s'entasser les uns sur les autres aussi aisément que ceux de la platine ; tandis qu'au contraire la poudre d'or dont je me suis servi, étoit de l'or en paillettes, telles que les arpailleurs les trouvent dans le sable des rivières. Ces paillettes s'ajustent beaucoup mieux les unes contre les autres. J'ai trouvé environ un dixième de différence entre le poids spécifique de ces paillettes et celui de la platine : néanmoins ces paillettes ne sont pas ordinairement d'or pur, il s'en faut souvent plus de deux ou trois karats ; ce qui en doit diminuer en même rapport la pesanteur spécifique. Ainsi, tout bien considéré et comparé, nous avons cru qu'on pouvoit maintenir le résultat de mes expériences, et assurer que la platine en grains, et telle que la nature la produit, est au moins d'un onzième ou d'un douzième moins pesante que l'or. Il y a toute apparence que cette

erreur de fait sur la densité de la platine vient de ce qu'on ne l'aura pas pesée dans son état de nature, mais seulement après l'avoir réduite en masse; et comme cette fusion ne peut se faire que par l'addition d'autres matières et à un feu très-violent, ce n'est plus de la platine pure, mais un composé dans lequel sont entrées des matières fondantes, et duquel le feu a enlevé les parties les plus légères.

Ainsi la platine, au lieu d'être d'une densité égale ou presque égale à celle de l'or pur, comme l'ont avancé les auteurs qui en ont écrit, n'est que d'une densité moyenne entre celle de l'or et celle du fer, et seulement plus voisine de celle de ce premier métal que de celle du dernier. Supposant donc que le pied cube d'or pèse treize cent vingt-six livres, et celui du fer pur cinq cent quatre-vingts livres, celui de la platine en grains se trouvera peser environ onze cent quatre-vingt-quatorze livres; ce qui supposeroit plus des trois quarts d'or sur un quart de fer dans cet alliage, s'il n'y a pas de pénétration: mais comme on en tire six septièmes à l'aimant, on pourroit croire que le fer y est en quantité de plus d'un quart, d'autant

plus qu'en s'obstinant à cette expérience, je suis persuadé qu'on viendroit à bout d'enlever, avec un fort aimant, toute la platine jusqu'au dernier grain. Néanmoins on n'en doit pas conclure que le fer y soit contenu en si grande quantité; car lorsqu'on le mêle par la fonte avec l'or, la masse qui résulte de cet alliage est attirable par l'aimant, quoique le fer n'y soit qu'en petite quantité. J'ai vu entre les mains de M. Baumé un bouton de cet alliage pesant soixante-six grains, dans lequel il n'étoit entré que six grains, c'est-à-dire, un onzième de fer; et ce bouton se laissoit enlever aisément par un bon aimant. Dès lors la platine pourroit bien ne contenir qu'un onzième de fer sur dix onzièmes d'or, et donner néanmoins tous les mêmes phénomènes, c'est-à-dire, être attirée en entier par l'aimant; et cela s'accorderoit parfaitement avec la pesanteur spécifique, qui est d'un dixième ou d'un douzième moindre que celle de l'or.

Mais ce qui me fait présumer que la platine contient plus d'un onzième de fer sur dix onzièmes d'or, c'est que l'alliage qui résulte de cette proportion, est encore cou-

leur d'or et beaucoup plus jaune que ne l'est la platine la plus colorée, et qu'il faut un quart de fer sur trois quarts d'or pour que l'alliage ait précisément la couleur naturelle de la platine. Je suis donc très-porté à croire qu'il pourroit bien y avoir cette quantité d'un quart de fer dans la platine. Nous nous sommes assurés, M. Tillet et moi, par plusieurs expériences, que le sablon de ce fer pur que contient la platine, est plus pesant que la limaille de fer ordinaire. Ainsi cette cause ajoutée à l'effet de la pénétration, suffit pour rendre raison de cette grande quantité de fer contenue sous le petit volume indiqué par la pesanteur spécifique de la platine.

Au reste, il est très-possible que je me trompe dans quelques unes des conséquences que j'ai cru devoir tirer de mes observations sur cette substance métallique : je n'ai pas été à portée d'en faire un examen aussi approfondi que je l'aurois voulu ; ce que j'en dis n'est que ce que j'ai vu, et pourra peut-être servir à faire voir mieux.

PREMIÈRE ADDITION.

COMME j'étois sur le point de livrer ces feuilles à l'impression, le hasard fit que je parlai de mes idées sur la platine à M. le comte de Milly, qui a beaucoup de connoissances en physique et en chimie : il me répondit qu'il pensoit à peu près comme moi sur la nature de ce minéral. Je lui donnai le Mémoire ci-dessus pour l'examiner, et deux jours après il eut la bonté de m'envoyer les observations suivantes, que je crois aussi bonnes que les miennes, et qu'il m'a permis de publier ensemble.

« J'ai pesé exactement trente-six grains de « platine ; je l'ai étendue sur une feuille de « papier blanc, pour pouvoir mieux l'ob- « server avec une bonne loupe : j'y ai apperçu « ou j'ai cru y appercevoir très-distinctement « trois substances différentes ; la première « avoit le brillant métallique, elle étoit la « plus abondante ; la seconde, vitriforme, « tirant sur le noir, ressemble assez à une « matière métallique ferrugineuse qui auroit « subi un degré de feu considérable, telle « que des scories de fer, appelées vulgaire-

« ment *mâchefer;* la troisième, moins abon-
« dante que les deux premières, est du sable
« de toutes couleurs, où cependant le jaune,
« couleur de topaze, domine. Chaque grain de
« sable, considéré à part, offre à la vue des
« crystaux réguliers de différentes couleurs;
« j'en ai remarqué de crystallisés en aiguilles
« hexagones, se terminant en pyramides
« comme le crystal de roche, et il m'a sem-
« blé que ce sable n'étoit qu'un *detritus* de
« crystaux de roche ou de quartz de diffé-
« rentes couleurs.

« Je formai le projet de séparer, le plus
« exactement possible, ces différentes subs-
« tances par le moyen de l'aimant, et de mettre
« à part la partie la plus attirable à l'aimant,
« d'avec celle qui l'etoit moins, et enfin de
« celle qui ne l'étoit pas du tout; ensuite
« d'examiner chaque substance en particulier
« et de les soumettre à différentes épreuves
« chimiques et mécaniques.

« Je mis à part les parties de la platine
« qui furent attirées avec vivacité à la dis-
« tance de deux ou trois lignes, c'est-à-dire,
« sans le contact de l'aimant, et je me servis,
« pour cette expérience, d'un bon aimant fac-

« tice de M. l'abbé... ; ensuite je touchai « avec ce même aimant le métal, et j'en « enlevai tout ce qui voulut céder à l'effort « magnétique, que je mis à part : je pesai « ce qui étoit resté et qui n'étoit presque plus « attirable ; cette matière non attirable, et « que je nommerai n° 4, pesoit vingt-trois « grains ; n° 1er, qui étoit le plus sensible à « l'aimant, pesoit quatre grains ; n° 2 pesoit « de même quatre grains, et n° 3 cinq grains.

« N° 1er, examiné à la loupe, n'offroit « à la vue qu'un mélange de parties métal- « liques, d'un blanc sale tirant sur le gris, « applaties et arrondies en forme de galets et « de sable noir vitriforme, ressemblant à du « mâchefer pilé, dans lequel on apperçoit des « parties très-rouillées, enfin telles que les « scories de fer en présentent lorsqu'elles ont « été exposées à l'humidité.

« N° 2 présentoit à peu près la même « chose, à l'exception que les parties métal- « liques dominoient, et qu'il n'y en avoit « que très-peu de rouillées.

« N° 3 étoit la même chose : mais les « parties métalliques étoient plus volumi- « neuses ; elles ressembloient à du métal

« fondu, et qui a été jeté dans l'eau pour « le diviser en grenailles : elles sont applaties ; « elles affectent toutes sortes de figures, mais « arrondies sur les bords à la manière des « galets qui ont été roulés et polis par les « eaux.

« N° 4, qui n'avoit point été enlevé par « l'aimant, mais dont quelques parties don- « noient encore des marques de sensibilité « au magnétisme, lorsqu'on passoit l'aimant « sous le papier où elles étoient étendues, « étoit un mélange de sable, de parties métal- « liques et de vrai mâchefer friable sous les « doigts, qui noircissoit à la manière du « mâchefer ordinaire. Le sable sembloit être « composé de petits crystaux de topaze, de « cornaline et de crystal de roche ; j'en écrasai « quelques crystaux sur un tas d'acier, et la « poudre qui en résulta étoit comme du ver- « nis réduit en poudre. Je fis la même chose « au mâchefer : il s'écrasa avec la plus grande « facilité, et il m'offrit une poudre noire fer- « rugineuse, qui noircissoit le papier comme « le mâchefer ordinaire.

« Les parties métalliques de ce dernier « (n° 4) me parurent plus ductiles sous le

« marteau que celles du n° 1er, ce qui me « fit croire qu'elles contenoient moins de fer « que les premières ; d'où il s'ensuit que la « platine pourroit fort bien n'être qu'un mé- « lange de fer et d'or fait par la nature, ou « peut-être de la main des hommes, comme « je le dirai par la suite.

« Je tâcherai d'examiner, par tous les moyens « qui me seront possibles, la nature de la « platine, si je peux en avoir à ma disposi- « tion en suffisante quantité ; en attendant, « voici les expériences que j'ai faites.

« Pour m'assurer de la présence du fer « dans la platine par des moyens chimiques, « je pris les deux extrêmes, c'est-à-dire, « n° 1er, qui étoit très-attirable à l'aimant, « et n° 4, qui ne l'étoit pas ; je les arrosai « avec l'esprit de nitre un peu fumant : j'ob- « servai avec la loupe ce qui en résulteroit ; « mais je n'y apperçus aucun mouvement « d'effervescence. J'y ajoutai de l'eau distillée, « et il ne se fit encore aucun mouvement ; « mais les parties métalliques se décapèrent, « et elles prirent un nouveau brillant sem- « blable à celui de l'argent. J'ai laissé ce « mélange tranquille pendant cinq ou six

« minutes ; et ayant encore ajouté de l'eau, « j'y laissai tomber quelques gouttes de la « liqueur alcaline saturée de la matière colo- « rante du bleu de Prusse, et sur-le-champ « le n° 1er me donna un très-beau bleu de « Prusse.

« Le n° 4 ayant été traité de même, et « quoiqu'il se fût refusé à l'action de l'aimant « et à celle de l'esprit de nitre, me donna, de « même que le n° 1er, du très-beau bleu de « Prusse.

« Il y a deux choses fort singulières à « remarquer dans ces expériences. 1°. Il passe « pour constant parmi les chimistes qui « ont traité de la platine, que l'eau-forte ou « l'esprit de nitre n'a aucune action sur elle; « cependant, comme on vient de le voir, il « s'en dissout assez, quoique sans efferves- « cence, pour donner du bleu de Prusse lors- « qu'on y ajoute de la liqueur alcaline phlo- « gistiquée et saturée de la matière colorante, « qui, comme on sait, précipite le fer en bleu « de Prusse.

« 2°. La platine, qui n'est pas sensible à « l'aimant, n'en contient pas moins de fer, « puisque l'esprit de nitre en dissout assez,

« sans occasionner d'effervescence, pour for-
« mer du bleu de Prusse.

« D'où il s'ensuit que cette substance que les « chimistes modernes, peut-être trop avides « du merveilleux et de vouloir donner du « nouveau, regardent comme un huitième « métal, pourroit bien n'être, comme je l'ai « dit, qu'un mélange d'or et de fer.

« Il reste sans doute bien des expériences à « faire pour pouvoir déterminer comment ce « mélange a pu avoir lieu, si c'est l'ouvrage « de la nature, et comment; ou si c'est le « produit de quelque volcan, ou simplement « le produit des travaux que les Espagnols « ont faits dans le nouveau monde pour retirer « l'or des mines du Pérou : je ferai mention, « par la suite, de mes conjectures là-dessus.

« Si l'on frotte de la platine naturelle sur « un linge blanc, elle le noircit comme pour- « roit le faire le mâchefer ordinaire ; ce qui « m'a fait soupçonner que ce sont les parties « de fer réduites en mâchefer qui se trou- « vent dans la platine, qui donnent cette cou- « leur, et qui ne sont dans cet état que pour « avoir éprouvé l'action d'un feu violent. « D'ailleurs, ayant examiné une seconde

« fois de la platine avec ma loupe, j'y apper-
« çus différens globules de mercure coulant;
« ce qui me fit imaginer que la platine pour-
« roit bien être un produit de la main des
« hommes, et voici comment.

« La platine, à ce qu'on m'a dit, se tire
« des mines les plus anciennes du Pérou, que
« les Espagnols ont exploitées après la con-
« quête du nouveau monde. Dans ces temps
« reculés, on ne connoissoit guère que deux
« manières d'extraire l'or des sables qui le
« contenoient : 1°. par l'amalgame du mer-
« cure; 2°. par le départ à sec : on trituroit le
« sable aurifère avec du mercure; et lorsqu'on
« jugeoit qu'il s'étoit chargé de la plus grande
« partie de l'or, on rejetoit le sable qu'on
« nommoit *crasse*, comme inutile et de nulle
« valeur.

« Le départ à sec se faisoit avec aussi peu
« d'intelligence. Pour y vaquer, on com-
« mençoit par minéraliser les métaux auri-
« fères par le moyen du soufre, qui n'a point
« d'action sur l'or, dont la pesanteur spéci-
« fique est plus grande que celle des autres
« métaux; mais pour faciliter sa précipita-
« tion, on ajoute du fer en limaille qui s'em-

« pare du soufre surabondant, méthode qu'on « suit encore aujourd'hui. La force du feu « vitrifie une partie du fer, l'autre se combine « avec une petite portion d'or et même d'ar- « gent qui le mêle avec les scories, d'où on « ne peut le retirer que par plusieurs fontes, « et sans être bien instruit des intermèdes « convenables que les docimasistes emploient. « La chimie, qui s'est perfectionnée de nos « jours, donne, à la vérité, les moyens de retirer « cet or et cet argent en plus grande partie : « mais dans le temps où les Espagnols exploi- « toient les mines du Pérou, ils ignoroient « sans doute l'art de traiter les mines avec le « plus grand profit ; et d'ailleurs ils avoient « de si grandes richesses à leur disposition, « qu'ils négligeoient vraisemblablement les « moyens qui leur auroient coûté de la peine, « des soins et du temps. Ainsi il y a apparence « qu'ils se contentoient d'une première fonte, « et jetoient les scories comme inutiles, ainsi « que le sable qui avoit passé par le mercure ; « peut-être même ne faisoient-ils qu'un tas « de ces deux mélanges, qu'ils regardoient « comme de nulle valeur.

« Ces scories contenoient encore de l'or,

« beaucoup de fer sous différens états, et cela
« en des proportions différentes qui nous sont
« inconnues, mais qui sont telles peut-être
« qu'elles peuvent avoir donné l'existence à la
« platine. Les globules de mercure que j'ai
« observés, et les paillettes d'or que j'ai vues
« distinctement, à l'aide d'une bonne loupe,
« dans la platine que j'ai eue entre les mains,
« m'ont fait naître les idées que je viens
« d'écrire sur l'origine de ce métal; mais je ne
« les donne que comme des conjectures hasar-
« dées: il faudroit, pour en acquérir quelque
« certitude, savoir au juste où sont situées
« les mines de la platine, si elles ont été
« exploitées anciennement, si on la tire d'un
« terrain neuf, ou si ce ne sont que des dé-
« combres, à quelle profondeur on la trouve,
« et enfin si la main des hommes y est expri-
« mée ou non. Tout cela pourroit aider à
« vérifier ou à détruire les conjectures que
« j'ai avancées *. »

* M. le baron de Sickingen, ministre de l'électeur Palatin, a dit à M. de Milly avoir actuellement entre les mains deux mémoires qui lui ont été remis par M. Kellner, chimiste et métallurgiste, attaché

REMARQUES.

Ces observations de M. le comte de Milly confirment les miennes dans presque tous les points. La nature est une, et se présente toujours la même à ceux qui la savent observer : ainsi l'on ne doit pas être surpris que, sans aucune communication, M. de Milly ait vu les mêmes choses que moi, et qu'il en ait tiré la même conséquence, que la platine n'est point un nouveau métal différent de tous les autres métaux, mais un mélange de fer et d'or. Pour concilier encore de plus près ses observations avec les miennes, et pour éclaircir en même temps les doutes qui restent en grand nombre sur l'origine et sur la formation de la platine, j'ai cru devoir ajouter les remarques suivantes.

1°. M. le comte de Milly distingue dans la platine trois espèces de matières; savoir, deux métalliques, et la troisième non métallique, de substance et de forme quartzeuse

à M. le prince de Birckenfeld, à Manheim, qui offre à la cour d'Espagne de rendre à peu près autant d'or pesant qu'on lui livrera de platine.

ou crystalline. Il a observé, comme moi, que des deux matières métalliques, l'une est très-attirable par l'aimant, et que l'autre l'est très-peu ou point du tout. J'ai fait mention de ces deux matières comme lui; mais je n'ai pas parlé de la troisième, qui n'est pas métallique, parce qu'il n'y en avoit pas ou très-peu dans la platine sur laquelle j'ai fait mes observations. Il y a apparence que la platine dont s'est servi M. de Milly étoit moins pure que la mienne, que j'ai observée avec soin, et dans laquelle je n'ai vu que quelques petits globules transparens comme du verre blanc fondu, qui étoient unis à des particules de platine ou de sablon ferrugineux, et qui se laissoient enlever ensemble par l'aimant. Ces globules transparens etoient en très-petit nombre; et dans huit onces de platine que j'ai bien regardée et fait regarder à d'autres avec une loupe très-forte, on n'a point apperçu de crystaux réguliers. Il m'a paru au contraire que toutes les particules transparentes étoient globuleuses comme du verre fondu, et toutes attachées à des parties métalliques, comme le laitier s'attache au fer lorsqu'on le fond.

Néanmoins, comme je ne doutois point du tout de la vérité de l'observation de M. de Milly, qui avoit vu dans sa platine des particules quartzeuses et crystallines de forme régulière et en grand nombre, j'ai cru ne devoir pas me borner à l'examen de la seule platine dont j'ai parlé ci-devant : j'en ai trouvé au Cabinet du roi, que j'ai examinée avec M. Daubenton, de l'académie des sciences, et qui nous a paru à tous deux bien moins pure que la première; et nous y avons en effet remarqué un grand nombre de petits crystaux prismatiques et transparens, les uns couleur de rubis-balais, d'autres couleur de topaze, et d'autres enfin parfaitement blancs. Ainsi M. le comte de Milly ne s'étoit point trompé dans son observation; mais ceci prouve seulement qu'il y a des mines de platine bien plus pures les unes que les autres, et que dans celles qui le sont le plus, il ne se trouve point de ces corps étrangers. M. Daubenton a aussi remarqué quelques grains applatis par-dessous et renflés par-dessus, comme seroit une goutte de métal fondu qui se seroit refroidie sur un plan. J'ai vu très-distinctement un de ces

grains hémisphériques, et cela pourroit indiquer que la platine est une matière qui a été fondue par le feu : mais il est bien singulier que, dans cette matière fondue par le feu, on trouve de petits crystaux, des topazes et des rubis; et je ne sais si l'on ne doit pas soupçonner de la fraude de la part de ceux qui ont fourni cette platine, et qui, pour en augmenter la quantité, auront pu la mêler avec ces sables crystallins ; car, je le répète, je n'ai point trouvé de ces crystaux dans plus d'une demi-livre de platine que m'a donnée M. le comte d'Angiviller.

2°. J'ai trouvé, comme M. de Milly, des paillettes d'or dans la platine ; elles sont aisées à reconnoître par leur couleur, et parce qu'elles ne sont point du tout magnétiques : mais j'avoue que je n'ai pas apperçu les globules de mercure qu'a vus M. de Milly. Je ne veux pas pour cela nier leur existence; seulement il me semble que les paillettes d'or se trouvant avec ces globules de mercure dans la même matière, elles seroient bientôt amalgamées, et ne conserveroient pas la couleur jaune de l'or que j'ai remarquée dans toutes les paillettes d'or que j'ai pu trouver dans

une demi-livre de platine *. D'ailleurs les globules transparens dont je viens de parler, ressemblent beaucoup à des globules de mercure vif et brillant, en sorte qu'au premier coup d'œil il est aisé de s'y tromper.

3°. Il y avoit beaucoup moins de parties ternes et rouillées dans ma première platine que dans celle de M. de Milly; et ce n'est pas proprement de la rouille qui couvre la surface de ces particules ferrugineuses, mais une substance noire, produite par le feu, et tout-à-fait semblable à celle qui couvre la surface du fer brûlé : mais ma seconde platine, c'est-à-dire, celle que j'ai prise au Cabinet du roi, avoit encore de commun avec celle de M. le comte de Milly, d'être mélangée de quelques parties ferrugineuses, qui, sous le marteau, se réduisoient en poussière jaune et avoient tous les caractères de la rouille. Ainsi cette platine du Cabinet du roi et celle de M. de Milly se ressemblant à tous égards,

* J'ai trouvé depuis dans d'autre platine des paillettes d'or qui n'étoient pas jaunes, mais brunes et même noires comme le sablon ferrugineux de la platine, qui probablement leur avoit donné cette couleur noirâtre.

il est vraisemblable qu'elles sont venues du même endroit et par la même voie; je soupçonne même que toutes deux ont été sophistiquées et mélangées de près de moitié avec des matières étrangères, crystallines et ferrugineuses rouillées, qui ne se trouvent pas dans la platine naturelle.

4°. La production du bleu de Prusse par la platine me paroît prouver évidemment la présence du fer dans la partie même de ce minéral qui est la moins attirable à l'aimant, et confirmer en même temps ce que j'ai avancé du mélange intime du fer dans sa substance. Le décapement de la platine par l'esprit de nitre prouve que, quoiqu'il n'y ait point d'effervescence sensible, cet acide ne laisse pas d'agir sur la platine d'une manière évidente, et que les auteurs qui ont assuré le contraire ont suivi leur routine ordinaire, qui consiste à regarder comme nulle toute action qui ne produit pas l'effervescence. Ces deux expériences de M. de Milly me paroissent très-importantes; elles seroient même décisives si elles réussissoient toujours également.

5°. Il nous manque en effet beaucoup de connoissances qui seroient nécessaires pour

pouvoir prononcer affirmativement sur l'origine de la platine. Nous ne savons rien de l'histoire naturelle de ce minéral, et nous ne pouvons trop exhorter ceux qui sont à portée de l'examiner sur les lieux, de nous faire part de leurs observations. En attendant, nous sommes forcés de nous borner à des conjectures, dont quelques unes me paroissent seulement plus vraisemblables que les autres. Par exemple, je ne crois pas que la platine soit l'ouvrage des hommes; les Mexicains et les Péruviens savoient fondre et travailler l'or avant l'arrivée des Espagnols, et ils ne connoissoient pas le fer, qu'il auroit néanmoins fallu employer, dans le départ à sec, en grande quantité. Les Espagnols eux-mêmes n'ont point établi de fourneaux à fondre les mines de fer en cette contrée, dans les premiers temps qu'ils l'ont habitée. Il y a donc toute apparence qu'ils ne se sont pas servis de limaille de fer pour le départ de l'or, du moins dans les commencemens de leurs travaux, qui d'ailleurs ne remontent pas à deux siècles et demi, temps beaucoup trop court pour une production aussi abondante que celle de la platine, qu'on ne laisse pas de

trouver en assez grande quantité et dans plusieurs endroits.

D'ailleurs, lorsqu'on mêle de l'or avec du fer, en les faisant fondre ensemble, on peut toujours, par les voies chimiques, les séparer et retirer l'or en entier ; au lieu que jusqu'à présent les chimistes n'ont pu faire cette séparation dans la platine, ni déterminer la quantité d'or contenue dans ce minéral. Cela semble prouver que l'or y est uni d'une manière plus intime que dans l'alliage ordinaire, et que le fer y est aussi, comme je l'ai dit, dans un état différent de celui du fer commun. La platine ne me paroît donc pas être l'ouvrage de l'homme, mais le produit de la nature, et je suis très-porté à croire qu'elle doit sa première origine au feu des volcans. Le fer brûlé, autant qu'il est possible, intimement uni avec l'or par la sublimation ou par la fusion, peut avoir produit ce minéral, qui d'abord ayant été formé par l'action du feu le plus violent, aura ensuite éprouvé les impressions de l'eau et les frottemens réitérés qui lui ont donné la forme qu'ils donnent à tous les autres corps, c'est-à-dire, celle des galets et des angles émoussés.

Mais il se pourroit aussi que l'eau seule eût produit la platine ; car, en supposant l'or et le fer tous deux divisés autant qu'ils peuvent l'être par la voie humide, leurs molécules, en se réunissant, auront pu former les grains qui la composent, et qui, depuis les plus pesans jusqu'aux plus légers, contiennent tous de l'or et du fer. La proposition du chimiste qui offre de rendre à peu près autant d'or qu'on lui fournira de platine, sembleroit indiquer qu'il n'y a en effet qu'un onzième de fer sur dix onzièmes d'or dans ce minéral, ou peut-être encore moins : mais l'à peu près de ce chimiste est probablement d'un cinquième ou d'un quart ; et ce seroit toujours beaucoup si sa promesse pouvoit se réaliser à un quart près.

SECONDE ADDITION.

M'ÉTANT trouvé à Dijon cet été 1773, l'académie des sciences et belles-lettres de cette ville, dont j'ai l'honneur d'être membre, me parut desirer d'entendre la lecture de mes observations sur la platine. Je m'y prêtai d'autant plus volontiers, que, sur une matière aussi neuve, on ne peut trop s'infor-

mer ni consulter assez, et que j'avois lieu d'espérer de tirer quelques lumières d'une compagnie qui rassemble beaucoup de personnes instruites en tous genres. M. de Morveau, avocat général au parlement de Bourgogne, aussi savant physicien que grand jurisconsulte, prit la résolution de travailler sur la platine. Je lui donnai une portion de celle que j'avois attirée par l'aimant, et une autre portion de celle qui avoit paru insensible au magnétisme, en le priant d'exposer ce minéral singulier au plus grand feu qu'il lui seroit possible de faire; et, quelque temps après, il m'a remis les expériences suivantes, qu'il a trouvé bon de joindre ici avec les miennes.

Expériences faites par M. de Morveau en septembre 1773.

« M. le comte de Buffon, dans un voyage « qu'il a fait à Dijon cet été 1773, m'ayant « fait remarquer, dans un demi-gros de pla- « tine que M. Baumé m'avoit remis en 1768, « des grains en forme de boutons, d'autres « plus plats, et quelques uns noirs et écail-

« leux, et ayant séparé avec l'aimant ceux « qui étoient attirables de ceux qui ne don- « noient aucun signe sensible de magnétisme, « j'ai essayé de former le bleu de Prusse avec « les uns et les autres. J'ai versé de l'acide « nitreux fumant sur les parties non atti- « rables, qui pesoient deux grains et demi. Six « heures après, j'ai étendu l'acide par de l'eau « distillée, et j'y ai versé de la liqueur alca- « line, saturée de matière colorante : il n'y a « pas eu un atome de bleu ; la platine avoit « seulement un coup d'œil plus brillant. J'ai « pareillement versé de l'acide fumant sur « les 33 grains $\frac{1}{2}$ de platine restante, dont « partie étoit attirable : la liqueur étendue « après le même intervalle de temps, le même « alcali prussien en a précipité une fécule « bleue, qui couvroit le fond d'un vase assez « large. La platine, après cette opération, « étoit bien décapée comme la première. Je « l'ai lavée et séchée, et j'ai vérifié qu'elle « n'avoit perdu qu'un quart de grain, ou $\frac{1}{238}$. « L'ayant examinée en cet état, j'y ai apper- « çu un grain d'un beau jaune, qui s'est « trouvé une paillette d'or.

« M. de Fourcy avoit nouvellement publié

« que la dissolution d'or étoit aussi précipitée « en bleu par l'alcali prussien, et avoit con« signé ce fait dans une table d'affinités. Je « fus tenté de répéter cette expérience ; je « versai en conséquence de la liqueur alcaline « phlogistiquée dans de la dissolution d'or de « départ : mais la couleur de cette dissolution « ne changea pas ; ce qui me fait soupçonner « que la dissolution d'or employée par M. de « Fourcy pouvoit bien n'être pas aussi pure.

« Et, dans le même temps, M. le comte de « Buffon m'ayant donné une assez grande « quantité d'autre platine pour en faire quel« ques essais, j'ai entrepris de la séparer de « tous les corps étrangers par une bonne « fonte. Voici la manière dont j'ai procédé, « et les résultats que j'ai eus.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

« AYANT mis un gros de platine dans une « petite coupelle, sous la moufle du four« neau, donné par M. Macquer dans les « *Mémoires de l'académie des sciences*, année « 1758, j'ai soutenu le feu pendant deux « heures ; la moufle s'est affaissée, les sup« ports avoient coulé : cependant la platine

« s'est trouvée seulement agglutinée ; elle te-« noit à la coupelle, et y avoit laissé des taches « couleur de rouille. La platine étoit alors « terne, même un peu noire, et n'avoit pris « qu'un quart de grain d'augmentation de « poids, quantité bien foible en comparaison « de celle que d'autres chimistes ont obser-« vée ; ce qui me surprit d'autant plus, que « ce gros de platine, ainsi que toute celle que « j'ai employée aux autres expériences, avoit « été enlevé successivement par l'aimant, « et faisoit portion des six septièmes de « 8 onces dont M. de Buffon a parlé dans le « Mémoire ci-dessus. »

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

« UN demi-gros de la même platine, exposé « au même feu dans une coupelle, s'est aussi « agglutiné ; elle étoit adhérente à la coupelle, « sur laquelle elle avoit laissé des taches de « couleur de rouille. L'augmentation de poids « s'est trouvée à peu près dans la même pro-« portion, et la surface aussi noire. »

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

« J'AI remis ce même demi-gros dans une

« nouvelle coupelle; mais au lieu de moufle, « j'ai renversé sur le support un creuset de « plomb noir de Passaw. J'avois eu l'atten- « tion de n'employer pour support que des « têts d'argille pure très-réfractaire; par ce « moyen, je pouvois augmenter la violence « du feu et prolonger sa durée, sans craindre « de voir couler les vaisseaux, ni obstruer « l'argille par les scories. Cet appareil ainsi « placé dans le fourneau, j'y ai entretenu, « pendant quatre heures, un feu de la der- « nière violence. Lorsque tout a été refroidi, « j'ai trouvé le creuset bien conservé, soudé « au support. Ayant brisé cette soudure vi- « treuse, j'ai reconnu que rien n'avoit péné- « tré dans l'intérieur du creuset, qui parois- « soit seulement plus luisant qu'il n'étoit « auparavant. La coupelle avoit conservé sa « forme et sa position; elle étoit un peu fen- « dillée, mais pas assez pour se laisser péné- « trer : aussi le bouton de platine n'y étoit-il « pas adhérent; ce bouton n'étoit encore « qu'agglutiné, mais d'une manière bien plus « serrée que la première fois : les grains « étoient moins saillans; la couleur en étoit « plus claire, le brillant plus métallique; et

« ce qu'il y eut de plus remarquable, c'est « qu'il s'étoit élancé de sa surface pendant « l'opération, et probablement dans les pre« miers instans du refroidissement, trois jets « de verre, dont l'un, plus élevé, parfai« tement sphérique, étoit porté sur un pédi« cule d'une ligne de hauteur, de la même « matière transparente et vitreuse. Ce pédi« cule avoit à peine un sixième de ligne, tan« dis que le globule avoit une ligne de dia« mètre, d'une couleur uniforme, avec une « légère teinte de rouge, qui ne déroboit rien « à sa transparence. Des deux autres jets de « verre, le plus petit avoit un pédicule comme « le plus gros, et le moyen n'avoit point de « pédicule, et étoit seulement attaché à la « platine par sa surface extérieure. »

QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

« J'AI essayé de coupeller la platine, et « pour cela j'ai mis dans une coupelle un « gros des mêmes grains enlevés par l'ai« mant, avec deux gros de plomb. Après « avoir donné un très-grand feu pendant « deux heures, j'ai trouvé dans la coupelle

« un bouton adhérent, couvert d'une croûte
« jaunâtre et un peu spongieuse, du poids de
« 2 gros 12 grains ; ce qui annonçoit que la
« platine avoit retenu 1 gros 12 grains de
« plomb.

« J'ai remis ce bouton dans une autre cou-
« pelle au même fourneau, observant de le
« retourner; il n'a perdu que 12 grains dans
« un feu de deux heures : sa couleur et sa
« forme avoient très-peu changé.

« Je lui ai appliqué ensuite le vent du
« soufflet, après l'avoir placé dans une nou-
« velle coupelle couverte d'un creuset de Pas-
« saw, dans la partie inférieure d'un four-
« neau de fusion dont j'avois ôté la grille : le
« bouton a pris alors un coup d'œil plus mé-
« tallique, toujours un peu terne; et cette
« fois il a perdu 18 grains.

« Le même bouton ayant été remis dans le
« fourneau de M. Macquer, toujours placé
« dans une coupelle couverte d'un creuset de
« Passaw, je soutins le feu pendant trois
« heures, après lesquelles je fus obligé de
« l'arrêter, parce que les briques qui ser-
« voient de support avoient entièrement cou-
« lé. Le bouton étoit devenu de plus en plus

« métallique : il adhéroit pourtant à la cou-
« pelle; il avoit perdu cette fois 34 grains. Je
« le jetai dans l'acide nitreux fumant, pour
« essayer de le décaper : il y eut un peu d'ef-
« fervescence lorsque j'ajoutai de l'eau dis-
« tillée; le bouton y perdit effectivement
« 2 grains, et j'y remarquai quelques petits
« trous, comme ceux que laisse le départ.

« Il ne restoit plus que 22 grains de plomb
« alliés à la platine, à en juger par l'excédant
« de son poids. Je commençai à espérer de
« vitrifier cette dernière portion de plomb;
« et pour cela, je mis ce bouton dans une
« coupelle neuve : je disposai le tout comme
« dans la troisième expérience; je me servis
« du même fourneau, en observant de déga-
« ger continuellement la grille, d'entretenir
« au devant, dans le courant d'air qu'il atti-
« roit, une évaporation continuelle par le
« moyen d'une capsule que je remplissois
« d'eau de temps en temps, et de laisser un
« moment la chape entr'ouverte lorsqu'on
« venoit de remplir le fourneau de charbon.
« Ces précautions augmentèrent tellement
« l'activité du feu, qu'il falloit recharger de
« dix minutes en dix minutes. Je le soutins

« au même degré pendant quatre heures, et « je laissai refroidir.

« Je reconnus le lendemain que le creuset « de plomb noir avoit résisté, que les sup- « ports n'étoient que faïencés par les cendres. « Je trouvai dans la coupelle un bouton bien « rassemblé, nullement adhérent, d'une cou- « leur continue et uniforme, approchant « plus de la couleur de l'étain que de tout « autre métal, seulement un peu raboteux; « en un mot, pesant un gros très-juste, rien « de plus, rien de moins.

« Tout annonçoit donc que cette platine « avoit éprouvé une fusion parfaite, qu'elle « étoit parfaitement pure; car, pour suppo- « ser qu'elle tenoit encore du plomb, il fau- « droit supposer aussi que ce minéral avoit « justement perdu de sa propre substance « autant qu'il avoit retenu de matière étran- « gère; et une telle précision ne peut être « l'effet d'un pur hasard.

« Je devois passer quelques jours avec « M. le comte de Buffon, dont la société a, « si je puis le dire, le même charme que son « style, dont la conversation est aussi pleine « que ses livres; je me fis un plaisir de lui

« porter les produits de ces essais, et je remis « à les examiner ultérieurement avec lui.

« 1°. Nous avons observé que le gros de pla« tine agglutinée de la première expérience « n'étoit pas attiré en bloc par l'aimant; que « cependant le barreau magnétique avoit une « action marquée sur les grains que l'on en « détachoit.

« 2°. Le demi-gros de la troisième expé« rience n'étoit non seulement pas attirable « en masse, mais les grains que l'on en « séparoit ne donnoient plus eux-mêmes « aucun signe de magnétisme.

« 3°. Le bouton de la quatrième expérience « étoit aussi absolument insensible à l'ap« proche de l'aimant, ce dont nous nous « assurâmes en mettant le bouton en équi« libre dans une balance très-sensible, et lui « présentant un très-fort aimant jusqu'au « contact, sans que son approche ait le moin« drement dérangé l'équilibre.

« 4°. La pesanteur spécifique de ce bouton « fut déterminée par une bonne balance hy« drostatique, et, pour plus de sûreté, com« parée à l'or de monnoie et au globe d'or « très-pur employé par M. de Buffon à ses

« belles expériences sur le progrès de la cha-
« leur; leur densité se trouva avoir les rap-
« ports suivans avec l'eau dans laquelle ils
« furent plongés :

« Le globe d'or............ 19 $\frac{1}{34}$.
« L'or de monnoie......... 17 $\frac{1}{2}$.
« Le bouton de platine..... 14 $\frac{2}{3}$.

« 5°. Ce bouton fut porté sur un tas d'acier
« pour essayer sa ductilité. Il soutint fort
« bien quelques coups de marteau ; sa sur-
« face devint plane, et même un peu polie
« dans les endroits frappés : mais il se fendit
« bientôt après, et il s'en détacha une por-
« tion, faisant à peu près le sixième de la
« totalité ; la fracture présenta plusieurs ca-
« vités, dont quelques unes, d'environ une
« ligne de diamètre, avoient la blancheur
« et le brillant de l'argent ; on remarquoit
« dans d'autres de petites pointes élancées,
« comme les crystallisations dans les géodes.
« Le sommet de l'une de ces pointes, vu à la
« loupe, étoit un globule absolument sem-
« blable, pour la forme, à celui de la troi-
« sième expérience, et aussi de matière vi-
« treuse transparente, autant que son extrême

« petitesse permettoit d'en juger. Au reste, « toutes les parties du bouton étoient com- « pactes, bien liées, et le grain plus fin, « plus serré, que celui du meilleur acier après « la plus forte trempe, auquel il ressembloit « d'ailleurs par la couleur.

« 6°. Quelques portions de ce bouton ainsi « réduites en parcelles à coups de marteau « sur le tas d'acier, nous leur avons présenté « l'aimant, et aucune n'a été attirée; mais les « ayant encore pulvérisées dans un mortier « d'agate, nous avons remarqué que le barreau « magnétique en enlevoit quelques unes des « plus petites toutes les fois qu'on le posoit « immédiatement dessus.

« Cette nouvelle apparition du magnétisme « étoit d'autant plus surprenante, que les « grains détachés de la masse agglutinée de la « deuxième expérience nous avoient paru « avoir perdu eux-mêmes toute sensibilité à « l'approche et au contact de l'aimant. Nous « reprîmes en conséquence quelques uns de « ces grains; ils furent de même réduits en « poussière dans le mortier d'agate, et nous « vîmes bientôt les parties les plus petites « s'attacher sensiblement au barreau aimanté.

« Il n'est pas possible d'attribuer cet effet au « poli de la surface du barreau, ni à aucune « autre cause étrangère au magnétisme : un « morceau de fer aussi poli, appliqué de la « même manière sur les parties de cette pla- « tine, n'en a jamais pu enlever une seule.

« Par le récit exact de ces expériences et « des observations auxquelles elles ont donné « lieu, on peut juger de la difficulté de dé- « terminer la nature de la platine. Il est « bien certain que celle-ci contenoit quelques « parties vitrifiables, et vitrifiables même « sans addition à un grand feu ; il est bien « sûr que toute platine contient du fer et des « parties attirables : mais si l'alcali prussien « ne donnoit jamais du bleu qu'avec les grains « que l'aimant a enlevés, il semble qu'on en « pourroit conclure que ceux qui lui résistent « absolument sont de la platine pure, qui « n'a par elle-même aucune vertu magné- « tique, et que le fer n'en fait pas partie « essentielle. On devoit espérer qu'une fusion « aussi avancée, une coupellation aussi par- « faite, décideroient au moins cette question ; « tout annonçoit qu'en effet ces opérations « l'avoient dépouillée de toute vertu magné-

« tique en la séparant de tous corps étran-
« gers : mais la dernière observation prouve,
« d'une manière invincible, que cette pro-
« priété magnétique n'y étoit réellement
« qu'affoiblie, et peut-être masquée ou en-
« sevelie, puisqu'elle a reparu lorsqu'on l'a
« broyée. »

REMARQUES.

De ces expériences de M. de Morveau, et des observations que nous avons ensuite faites ensemble, il résulte :

1°. Qu'on peut espérer de fondre la platine sans addition dans nos meilleurs fourneaux, en lui appliquant le feu plusieurs fois de suite, parce que les meilleurs creusets ne pourroient résister à l'action d'un feu aussi violent pendant tout le temps qu'exigeroit l'opération complète.

2°. Qu'en la fondant avec le plomb, et la coupellant successivement et à plusieurs reprises, on vient à bout de vitrifier tout le plomb, et que cette opération pourroit à la fin la purger d'une partie des matières étrangères qu'elle contient.

3°. Qu'en la fondant sans addition, elle

paroît se purger elle-même en partie des matières vitrescibles qu'elle renferme, puisqu'il s'élance à sa surface de petits jets de verre qui forment des masses assez considérables, et qu'on en peut séparer aisément après le refroidissement.

4°. Qu'en faisant l'expérience du bleu de Prusse avec les grains de platine qui paroissent les plus insensibles à l'aimant, on n'est pas toujours sûr d'obtenir de ce bleu, comme cela ne manque jamais d'arriver avec les grains qui ont plus ou moins de sensibilité au magnétisme ; mais comme M. de Morveau a fait cette expérience sur une très-petite quantité de platine, il se propose de la répéter.

5°. Il paroît que ni la fusion ni la coupellation ne peuvent détruire, dans la platine, tout le fer dont elle est intimement pénétrée ; les boutons fondus ou coupellés paroissent, à la vérité, également insensibles à l'action de l'aimant ; mais les ayant brisés dans un mortier d'agate et sur un tas d'acier, nous y avons retrouvé des parties magnétiques d'autant plus abondantes que la platine étoit réduite en poudre plus fine. Le premier

bouton, dont les grains ne s'étoient qu'agglutinés, rendit, étant broyé, beaucoup plus de parties magnétiques que le second et le troisième, dont les grains avoient subi une plus forte fusion ; mais néanmoins tous deux, étant broyés, fournirent des parties magnétiques, en sorte qu'on ne peut pas douter qu'il n'y ait encore du fer dans la platine après qu'elle a subi les plus violens efforts du feu et l'action dévorante du plomb dans la coupelle. Ceci semble achever de démontrer que ce minéral est réellement un mélange intime d'or et de fer, que jusqu'à présent l'art n'a pu séparer.

6°. Je fis encore, avec M. de Morveau, une autre observation sur cette platine fondue et ensuite broyée; c'est qu'elle reprend, en se brisant, précisément la même forme des galets arrondis et applatis qu'elle avoit avant d'être fondue. Tous les grains de cette platine fondue et brisée sont semblables à ceux de la platine naturelle, tant pour la forme que pour la variété de grandeur, et ils ne paroissent en différer que parce qu'il n'y a que les plus petits qui se laissent enlever à l'aimant, et en quantité d'autant moindre que

la platine a subi plus de feu. Cela paroît prouver aussi que, quoique le feu ait été assez fort non seulement pour brûler et vitrifier, mais même pour chasser au dehors une partie du fer avec les autres matières vitrescibles qu'elle contient, la fusion néanmoins n'est pas aussi complète que celle des autres métaux parfaits, puisqu'en la brisant, les grains reprennent la même figure qu'ils avoient avant la fonte.

QUATRIÈME MÉMOIRE.

Expériences sur la ténacité et sur la décomposition du fer.

On a vu, dans le premier Mémoire, que le fer perd de sa pesanteur à chaque fois qu'on le chauffe à un feu violent, et que des boulets chauffés trois fois jusqu'au blanc ont perdu la douzième partie de leur poids. On seroit d'abord porté à croire que cette perte ne doit être attribuée qu'à la diminution du volume du boulet, par les scories qui se détachent de la surface et tombent en petites écailles; mais si l'on fait attention que les petits boulets, dont par conséquent la surface est plus grande, relativement au volume, que celle des gros, perdent moins, et que les gros boulets perdent proportionnellement plus que les petits, on sentira bien que la perte totale de poids ne doit pas être simplement attribuée à la chûte des écailles qui se détachent de la surface, mais encore à une

altération intérieure de toutes les parties de la masse, que le feu violent diminue et rend d'autant plus légère qu'il est appliqué plus souvent et plus long-temps *.

Et en effet, si l'on recueille à chaque fois les écailles qui se détachent de la surface des boulets, on trouvera que sur un boulet de 5 pouces, qui, par exemple, aura perdu 8 onces par une première chaude, il n'y aura pas une once de ces écailles détachées, et que tout le reste de la perte de poids ne peut être attribué qu'à cette altération intérieure de la substance du fer, qui perd de sa densité à chaque fois qu'on le chauffe; en sorte que si l'on réitéroit souvent cette même opération, on réduiroit le fer à n'être plus qu'une matière friable et légère, dont on ne pourroit faire aucun usage : car j'ai remarqué que les

* Une expérience familière, et qui semble prouver que le fer perd de sa masse à mesure qu'on le chauffe, même à un feu très-médiocre, c'est que les fers à friser, lorsqu'on les a souvent trempés dans l'eau pour les refroidir, ne conservent pas le même degré de chaleur au bout d'un temps. Il s'en élève aussi des écailles lorsqu'on les a souvent chauffés et trempés; ces écailles sont du véritable fer.

boulets non seulement avoient perdu de leur poids, c'est-à-dire, de leur densité, mais qu'en même temps ils avoient aussi beaucoup perdu de leur solidité, c'est-à-dire, de cette qualité dont dépend la cohérence des parties; car j'ai vu, en les faisant frapper, qu'on pouvoit les casser d'autant plus aisément qu'ils avoient été chauffés plus souvent et plus long-temps.

C'est sans doute parce que l'on ignoroit jusqu'à quel point va cette altération du fer, ou plutôt parce qu'on ne s'en doutoit point du tout, que l'on imagina, il y a quelques années, dans notre artillerie, de chauffer les boulets dont il étoit question de diminuer le volume *. On m'a assuré que le calibre des canons nouvellement fondus étant plus étroit que celui des anciens canons, il a fallu diminuer les boulets; que, pour y parvenir, on a fait rougir ces boulets à blanc, afin de les ratisser ensuite plus aisément en les faisant tourner. On m'a ajouté que souvent on est obligé de les faire chauffer cinq, six, et même huit et neuf fois, pour les réduire

* M. le marquis de Vallière ne s'occupoit point alors des travaux de l'artillerie.

autant qu'il est nécessaire. Or il est évident, par mes expériences, que cette pratique est mauvaise; car un boulet chauffé à blanc neuf fois doit perdre au moins le quart de son poids, et peut-être les trois quarts de sa solidité. Devenu cassant et friable, il ne peut servir pour faire brèche, puisqu'il se brise contre les murs; et, devenu léger, il a aussi, pour les pièces de campagne, le grand désavantage de ne pouvoir aller aussi loin que les autres.

En général, si l'on veut conserver au fer sa solidité et son nerf, c'est-à-dire, sa masse et sa force, il ne faut l'exposer au feu ni plus souvent ni plus long-temps qu'il n'est nécessaire; il suffira, pour la plupart des usages, de le faire rougir sans pousser le feu jusqu'au blanc: ce dernier degré de chaleur ne manque jamais de le détériorer; et, dans les ouvrages où il importe de lui conserver tout son nerf, comme dans les bandes que l'on forge pour les canons de fusil, il faudroit, s'il étoit possible, ne les chauffer qu'une fois pour les battre, plier et souder par une seule opération; car, quand le fer a acquis sous le marteau toute la force dont il est susceptible, le

feu ne fait plus que la diminuer. C'est aux artistes à voir jusqu'à quel point ce métal doit être malléé pour acquérir tout son nerf; et cela ne seroit pas impossible à déterminer par des expériences. J'en ai fait quelques unes que je vais rapporter ici.

I.

Une boucle de fer de 18 lignes $\frac{2}{3}$ de grosseur, c'est-à-dire, 348 lignes quarrées pour chaque montant de fer, ce qui fait pour le tout 696 lignes quarrées de fer, a cassé sous le poids de 28 milliers qui tiroit perpendiculairement. Cette boucle de fer avoit environ 10 pouces de largeur sur 13 pouces de hauteur, et elle étoit, à très-peu près, de la même grosseur par-tout. Cette boucle a cassé presque au milieu des branches perpendiculaires, et non pas dans les angles.

Si l'on vouloit conclure du grand au petit sur la force du fer par cette expérience, il se trouveroit que chaque ligne quarrée de fer tirée perpendiculairement ne pourroit porter qu'environ 40 livres.

I I.

Cependant, ayant mis à l'épreuve un fil de fer d'une ligne un peu forte de diamètre, ce morceau de fil de fer a porté, avant de se rompre, 482 livres; et un pareil morceau de fil de fer n'a rompu que sous la charge de 495 livres : en sorte qu'il est à présumer qu'une verge quarrée d'une ligne de ce même fer auroit porté encore davantage, puisqu'elle auroit contenu quatre segmens aux quatre coins du quarré inscrit au cercle, de plus que le fil de fer rond, d'une ligne de diamètre.

Or cette disproportion dans la force du fer en gros et du fer en petit, est énorme. Le gros fer que j'avois employé venoit de la forge d'Aisy sous Rougemont; il étoit sans nerf et à gros grain, et j'ignore de quelle forge étoit mon fil de fer : mais la différence de la qualité du fer, quelque grande qu'on voulût la supposer, ne peut pas faire celle qui se trouve ici dans leur résistance, qui, comme l'on voit, est douze fois moindre dans le gros fer que dans le petit.

I I I.

J'ai fait rompre une autre boucle de fer de 18 lignes $\frac{1}{2}$ de grosseur, du même fer de la forge d'Aisy ; elle ne supporta de même que 28450 livres, et rompit encore presque dans le milieu des deux montans.

I V.

J'avois fait faire en même temps une boucle du même fer que j'avois fait reforger pour le partager en deux, en sorte qu'il se trouva réduit à une barre de 9 lignes sur 18; l'ayant mise à l'épreuve, elle supporta, avant de rompre, la charge de 17300 livres, tandis qu'elle n'auroit dû porter tout au plus que 14 milliers, si elle n'eût pas été forgée une seconde fois.

V.

Une autre boucle de fer de 16 lignes $\frac{3}{4}$ de grosseur, ce qui fait pour chaque montant à peu près 280 lignes quarrées, c'est-à-dire, 560, a porté 24600 livres, au lieu qu'elle n'auroit dû porter que 22400 livres, si je ne l'eusse pas fait forger une seconde fois.

20

V I.

Un cadre de fer de la même qualité, c'est-à-dire, sans nerf et à gros grain, et venant de la même forge d'Aisy, que j'avois fait établir pour empêcher l'écartement des murs du haut fourneau de mes forges, et qui avoit 26 pieds d'un côté sur 22 pieds de l'autre, ayant cassé par l'effort de la chaleur du fourneau dans les deux points milieux des deux plus longs côtés, j'ai vu que je pouvois comparer ce cadre aux boucles des expériences précédentes, parce qu'il étoit du même fer et qu'il a cassé de la même manière. Or ce fer avoit 21 lignes de gros, ce qui fait 441 lignes quarrées; et ayant rompu comme les boucles aux deux côtés opposés, cela fait 882 lignes quarrées qui se sont séparées par l'effort de la chaleur: et comme nous avons trouvé, par les expériences précédentes, que 696 lignes quarrées du même fer ont cassé sous le poids de 28 milliers, on doit en conclure que 882 lignes de ce même fer n'auroient rompu que sous un poids de 35480 livres, et que par conséquent l'effort de la chaleur devoit être estimé comme un poids de 35480 livres. Ayant

fait fabriquer pour contenir le mur intérieur de mon fourneau, dans le fondage qui se fit après la rupture de ce cadre, un cercle de 26 pieds $\frac{1}{2}$ de circonférence, avec du fer nerveux provenant de la fonte et de la fabrique de mes forges, cela m'a donné le moyen de comparer la ténacité du bon fer avec celle du fer commun. Ce cercle de 26 pieds $\frac{1}{2}$ de circonférence étoit de deux pièces retenues et jointes ensemble par deux clavettes de fer passées dans des anneaux forgés au bout des deux bandes de fer ; la largeur de ces bandes étoit de 30 lignes sur 5 d'épaisseur : cela fait 150 lignes quarrées, qu'on ne doit pas doubler, parce que si ce cercle eût rompu, ce n'auroit été qu'en un seul endroit, et non pas en deux endroits opposés comme les boucles ou le grand cadre quarré. Mais l'expérience me démontra que pendant un fondage de quatre mois, où la chaleur étoit même plus grande que dans le fondage précédent, ces 150 lignes de bon fer résistèrent à son effort qui étoit de 35480 livres ; d'où l'on doit conclure, avec certitude entière, que le bon fer, c'est-à-dire, le fer qui est presque tout nerf, est au moins cinq fois

aussi tenace que le fer sans nerf et à gros grain.

Que l'on juge par-là de l'avantage qu'on trouveroit à n'employer que du bon fer nerveux dans les bâtimens et dans la construction des vaisseaux : il en faudroit les trois quarts moins, et l'on auroit encore un quart de solidité de plus.

Par de semblables expériences, et en faisant malléer une fois, deux fois, trois fois, des verges de fer de différentes grosseurs, on pourroit s'assurer du *maximum* de la force du fer, combiner d'une manière certaine la légéreté des armes avec leur solidité, ménager la matière dans les autres ouvrages, sans craindre la rupture ; en un mot, travailler ce métal sur des principes uniformes et constans. Ces expériences sont le seul moyen de perfectionner l'art de la manipulation du fer : l'État en tireroit de très-grands avantages, car il ne faut pas croire que la qualité du fer dépende de celle de la mine; que, par exemple, le fer d'Angleterre, ou d'Allemagne, ou de Suède, soit meilleur que celui de France; que le fer de Berri soit plus doux que celui de Bourgogne : la nature des mines

n'y fait rien, c'est la manière de les traiter qui fait tout ; et ce que je puis assurer pour l'avoir vu par moi-même, c'est qu'en malléant beaucoup et chauffant peu, on donne au fer plus de force, et qu'on approche de ce *maximum* dont je ne puis que recommander la recherche, et auquel on peut arriver par les expériences que je viens d'indiquer.

Dans les boulets que j'ai soumis plusieurs fois à l'épreuve du plus grand feu, j'ai vu que le fer perd de son poids et de sa force d'autant plus qu'on le chauffe plus souvent et plus long-temps ; sa substance se décompose, sa qualité s'altère, et enfin il dégénère en une espèce de mâchefer ou de matière poreuse, légère, qui se réduit en une sorte de chaux par la violence et la longue application du feu : le mâchefer commun est d'une autre espèce ; et quoique vulgairement on croie que le mâchefer ne provient et même ne peut provenir que du fer, j'ai la preuve du contraire. Le mâchefer est, à la vérité, une matière produite par le feu ; mais pour le former, il n'est pas nécessaire d'employer du fer ni aucun autre métal : avec du bois et du charbon brûlé et poussé à un feu violent,

on obtiendra du mâchefer en assez grande quantité ; et si l'on prétend que ce mâchefer ne vient que du fer contenu dans le bois (parce que tous les végétaux en contiennent plus ou moins), je demande pourquoi l'on ne peut pas en tirer du fer même une plus grande quantité qu'on n'en tire du bois, dont la substance est si différente de celle du fer. Dès que ce fait me fut connu par l'expérience, il me fournit l'intelligence d'un autre fait qui m'avoit paru inexplicable jusqu'alors. On trouve dans les terres élevées, et sur-tout dans des forêts où il n'y a ni rivières ni ruisseaux, et où par conséquent il n'y a jamais eu de forges, non plus qu'aucun indice de volcan ou de feux souterrains ; on trouve, dis-je, souvent de gros blocs de mâchefer que deux hommes auroient peine à enlever : j'en ai vu pour la première fois en 1745, à Montigny-l'Encoupe, dans les forêts de M. de Trudaine ; j'en ai fait chercher et trouvé depuis dans nos bois de Bourgogne, qui sont encore plus éloignés de l'eau que ceux de Montigny ; on en a trouvé en plusieurs endroits : les petits morceaux m'ont paru provenir de quelques fourneaux de

charbon qu'on aura laissé brûler; mais les gros ne peuvent venir que d'un incendie dans la forêt, lorsqu'elle étoit en pleine venue, et que les arbres y étoient assez grands et assez voisins pour produire un feu très-violent et très-long-temps nourri.

Le mâchefer qu'on peut regarder comme un résidu de la combustion du bois, contient du fer; et l'on verra dans un autre Mémoire les expériences que j'ai faites pour reconnoître par ce résidu la quantité de fer qui entre dans la composition des végétaux. Et cette terre morte ou cette chaux dans laquelle le fer se réduit par la trop longue action du feu, ne m'a pas paru contenir plus de fer que le mâchefer du bois; ce qui semble prouver que le fer est, comme le bois, une matière combustible, que le feu peut également dévorer en l'appliquant seulement plus violemment et plus long-temps. Pline dit, avec grande raison : *Ferrum accensum igni, nisi duretur ictibus, corrumpitur.* On en sera persuadé si l'on observe dans une forge la première loupe que l'on tire de la gueuse : cette loupe est un morceau de fer fondu pour la seconde fois, et qui n'a pas encore été forgé,

c'est-à-dire, consolidé par le marteau; lorsqu'on le tire de la chaufferie, où il vient de subir le feu le plus violent, il est rougi à blanc; il jette non seulement des étincelles ardentes, mais il brûle réellement d'une flamme très-vive qui consommeroit une partie de sa substance si on tardoit trop de temps à porter cette loupe sous le marteau; ce fer seroit, pour ainsi dire, détruit avant que d'être formé, il subiroit l'effet complet de la combustion, si le coup du marteau, en rapprochant ses parties trop divisées par le feu, ne commençoit à lui faire prendre le premier degré de sa ténacité. On le tire dans cet état et encore tout rouge de dessous le marteau, et on le reporte au foyer de l'affinerie, où il se pénètre d'un nouveau feu; lorsqu'il est blanc, on le transporte de même et le plus promptement possible au marteau, sous lequel il se consolide, et s'étend beaucoup plus que la première fois; enfin on remet encore cette pièce au feu et on la rapporte au marteau, sous lequel on l'achève en entier. C'est ainsi qu'on travaille tous les fers communs; on ne leur donne que deux ou tout au plus trois volées de marteau : aussi n'ont-ils pas

à beaucoup près la ténacité qu'ils pourroient acquérir, si on les travailloit moins précipitamment. La force du marteau non seulement comprime les parties du fer trop divisées par le feu, mais en les rapprochant elle chasse les matières étrangères et le purifie en le consolidant. Le déchet du fer en gueuse est ordinairement d'un tiers, dont la plus grande partie se brûle, et le reste coule en fusion et forme ce qu'on appelle *les crasses du fer:* ces crasses sont plus pesantes que le mâchefer du bois, et contiennent encore une assez grande quantité de fer, qui est, à la vérité, très-impur et très-aigre, mais dont on peut néanmoins tirer parti, en mêlant ces crasses broyées et en petite quantité avec la mine que l'on jette au fourneau. J'ai l'expérience qu'en mêlant un sixième de ces crasses avec cinq sixièmes de mine épurée par mes cribles, la fonte ne change pas sensiblement de qualité; mais si l'on en met davantage, elle devient plus cassante, sans néanmoins changer de couleur ni de grain. Mais si les mines sont moins épurées, ces crasses gâtent absolument la fonte, parce qu'étant déja très-aigre et très-cassante par elle-même, elle le devient

encore plus par cette addition de mauvaise matière, en sorte que cette pratique, qui peut devenir utile entre les mains d'un habile maître de l'art, produira dans d'autres mains de si mauvais effets, qu'on ne pourra se servir ni des fers ni des fontes qui en proviendront.

Il y a néanmoins des moyens, je ne dis pas de changer, mais de corriger un peu la mauvaise qualité de la fonte, et d'adoucir à la chaufferie l'aigreur du fer qui en provient. Le premier de ces moyens est de diminuer la force du vent, soit en changeant l'inclinaison de la tuyère, soit en ralentissant le mouvement des soufflets; car plus on presse le feu, plus le fer devient aigre. Le second moyen, et qui est encore plus efficace, c'est de jeter sur la loupe de fer qui se sépare de la gueuse, une certaine quantité de gravier calcaire, ou même de chaux toute faite : cette chaux sert de fondant aux parties vitrifiables que le fer aigre contient en trop grande quantité, et le purge de ses impuretés. Mais ce sont de petites ressources auxquelles il ne faut pas se mettre dans le cas d'avoir recours; ce qui n'arriveroit jamais

si l'on suivoit les procédés que j'ai donnés pour faire de bonnes fontes *.

Lorsqu'on fait travailler les affineurs à leur compte et qu'on les paye au millier, ils font, comme les fondeurs, le plus de fer qu'ils peuvent dans leur semaine; ils construisent le foyer de leur chaufferie de la manière la plus avantageuse pour eux; ils pressent le feu, trouvent que les soufflets ne donnent jamais assez de vent; ils travaillent moins la loupe, et font ordinairement en deux chaudes ce qui en exigeroit au moins trois. On ne sera donc jamais sûr d'avoir du fer d'une bonne et même qualité qu'en payant les ouvriers au mois, et en faisant casser à la fin de chaque semaine quelques barres du fer qu'ils livrent, pour reconnoître s'ils ne se sont pas ou trop pressés ou négligés. Le fer en bandes plates est toujours plus nerveux que le fer en barreaux: s'il se trouve deux tiers de nerf sur un tiers de grain dans les bandes, on ne trouvera dans les barreaux, quoique faits de même étoffe, qu'environ un

* On trouvera ces procédés dans mes Mémoires sur la fusion des mines de fer.

tiers de nerf sur deux tiers de grain ; ce qui prouve bien clairement que la plus ou moins grande force du fer vient de la différente application du marteau. S'il frappe plus constamment, plus fréquemment sur un même plan, comme celui des bandes plates, il en rapproche et en réunit mieux les parties que s'il frappe presque alternativement sur deux plans différens pour faire les barreaux quarrés ; aussi est-il plus difficile de bien souder du barreau que de la bande : et lorsqu'on veut faire du fer de *tirerie,* qui doit être en barreaux de treize lignes, et d'un fer très-nerveux et assez ductile pour être converti en fil de fer, il faut le travailler plus lentement à l'affinerie, ne le tirer du feu que quand il est presque fondant, et le faire suer sous le marteau le mieux qu'il est possible, afin de lui donner tout le nerf dont il est susceptible sous cette forme quarrée, qui est la plus ingrate, mais qui paroît nécessaire ici, parce qu'il faut ensuite tirer de ces barreaux, qu'on coupe environ à quatre pieds, une verge de dix-huit ou vingt pieds par le moyen du martinet, sous lequel on l'alonge après l'avoir échauffée; c'est ce qu'on appelle de la

verge crénelée : elle est quarrée comme le barreau dont elle provient, et porte sur les quatre faces des enfoncemens successifs, qui sont les empreintes profondes de chaque coup de martinet ou petit marteau sous lequel on la travaille. Ce fer doit être de la plus grande ductilité pour passer jusqu'à la plus petite filière ; et en même temps il ne faut pas qu'il soit trop doux, mais assez ferme pour ne pas donner trop de déchet. Ce point est assez difficile à saisir : aussi n'y a-t-il en France que deux ou trois forges dont on puisse tirer ces fers pour les fileries.

La bonne fonte est, à la vérité, la base de tout bon fer; mais il arrive souvent que, par de mauvaises pratiques, on gâte ce bon fer. Une de ces mauvaises pratiques, la plus généralement répandue, et qui détruit le plus le nerf et la ténacité du fer, c'est l'usage où sont les ouvriers de presque toutes les forges, de tremper dans l'eau la première portion de la pièce qu'ils viennent de travailler, afin de pouvoir la manier et la reprendre plus promptement. J'ai vu avec quelque surprise la prodigieuse différence qu'occasionne cette trempe, sur-tout en hiver et lorsque l'eau

est froide ; non seulement elle rend cassant le meilleur fer, mais même elle en change le grain et en détruit le nerf, au point qu'on n'imagineroit pas que c'est le même fer, si l'on n'en étoit pas convaincu par ses yeux en faisant casser l'autre bout du même barreau, qui, n'ayant point été trempé, conserve son nerf et son grain ordinaire. Cette trempe, en été, fait beaucoup moins de mal, mais en fait toujours un peu; et si l'on veut avoir du fer toujours de la même bonne qualité, il faut absolument proscrire cet usage, ne jamais tremper le fer chaud dans l'eau, et attendre, pour le manier, qu'il se refroidisse à l'air.

Il faut que la fonte soit bien bonne pour produire du fer aussi nerveux, aussi tenace, que celui qu'on peut tirer des vieilles ferrailles refondues, non pas en les jetant au fourneau de fusion, mais en les mettant au feu de l'affinerie. Tous les ans on achète pour mes forges une assez grande quantité de ces vieilles ferrailles, dont, avec un peu de soin, l'on fait d'excellent fer. Mais il y a du choix dans ces ferrailles; celles qui proviennent des rognures de la tôle ou des morceaux cassés du fil de

fer, qu'on appelle des *riblous*, sont les meilleures de toutes, parce qu'elles sont d'un fer plus pur que les autres ; on les achète aussi quelque chose de plus : mais en général ces vieux fers, quoique de qualité médiocre, en produisent de très-bons lorsqu'on sait les traiter. Il ne faut jamais les mêler avec la fonte ; si même il s'en trouve quelques morceaux parmi les ferrailles, il faut les séparer : il faut aussi mettre une certaine quantité de crasses dans le foyer, et le feu doit être moins poussé, moins violent, que pour le travail du fer en gueuse, sans quoi l'on brûleroit une grande partie de sa ferraille, qui, quand elle est bien traitée et de bonne qualité, ne donne qu'un cinquième de déchet, et consomme moins de charbon que le fer de la gueuse. Les crasses qui sortent de ces vieux fers sont en bien moindre quantité, et ne conservent pas, à beaucoup près, autant de particules de fer que les autres. Avec des riblous qu'on renvoie des fileries que fournissent mes forges, et des rognures de tôle cisaillées que je fais fabriquer, j'ai souvent fait du fer qui étoit tout nerf, et dont le déchet n'étoit presque que d'un sixième, tandis que le déchet du

fer en gueuse est communément du double, c'est-à-dire, d'un tiers, et souvent de plus du tiers si l'on veut obtenir du fer d'excellente qualité.

M. de Montbeillard, lieutenant-colonel au régiment royal d'artillerie, ayant été chargé, pendant plusieurs années, de l'inspection des manufactures d'armes à Charleville, Maubeuge et Saint-Étienne, a bien voulu me communiquer un Mémoire qu'il a présenté au ministre, et dans lequel il traite de cette fabrication du fer avec de vieilles ferrailles. Il dit, avec grande raison, « que les ferrailles « qui ont beaucoup de surface, et celles qui « proviennent des vieux fers et clous de che- « vaux, ou fragmens de petits cylindres, ou « quarrés tors, ou des anneaux et boucles, « toutes pièces qui supposent que le fer qu'on « a employé pour les fabriquer étoit souple, « liant, et susceptible d'être plié, étendu ou « tordu, doivent être préférées et recherchées « pour la fabrication des canons de fusil ». On trouve, dans ce même Mémoire de M. de Montbeillard, d'excellentes réflexions sur les moyens de perfectionner les armes à feu, et d'en assurer la résistance par le choix du

bon fer et par la manière de le traiter ; l'auteur rapporte une très-bonne expérience *, qui prouve clairement que les vieilles ferrailles et même les écailles ou exfoliations qui se détachent de la surface du fer, et que bien des gens prennent pour des scories, se

* Qu'on prenne une barre de fer, large de deux à trois pouces, épaisse de deux à trois lignes ; qu'on la chauffe au rouge, et qu'avec la panne du marteau on y pratique dans sa longueur une cannelure ou cavité ; qu'on la plie sur elle-même pour la doubler et corroyer, l'on remplira ensuite la cannelure des écailles ou pailles en question ; on lui donnera une chaude douce d'abord en rabattant les bords, pour empêcher qu'elles ne s'échappent, et on battra la barre comme on le pratique pour corroyer le fer, avant de la chauffer au blanc ; on la chauffera ensuite blanche et fondante, et la pièce soudera à merveille ; on la cassera à froid, et l'on n'y verra rien qui annonce que la soudure n'ait pas été complète et parfaite, et que toutes les parties du fer ne se soient pas pénétrées réciproquement sans laisser aucun espace vide. J'ai fait cette expérience aisée à répéter, qui doit rassurer sur les pailles, soit qu'elles soient plates ou qu'elles aient la forme d'aiguilles, puisqu'elles ne sont autre chose que du fer, comme la barre avec laquelle on les incorpore, où elles ne forment plus qu'une même masse avec elle.

soudent ensemble de la manière la plus intime, et que par conséquent le fer qui en provient est d'aussi bonne et peut-être de meilleure qualité qu'aucun autre. Mais en même temps il conviendra avec moi, et il observe même dans la suite de son Mémoire, que cet excellent fer ne doit pas être employé seul, par la raison même qu'il est trop parfait. Et en effet, un fer qui, sortant de la forge, a toute sa perfection, n'est excellent que pour être employé tel qu'il est, ou pour des ouvrages qui ne demandent que des chaudes douces; car toute chaude vive, toute chaleur à blanc, le dénature : j'en ai fait des épreuves plus que réitérées sur des morceaux de toute grosseur. Le petit fer se dénature un peu moins que le gros; mais tous deux perdent la plus grande partie de leur nerf dès la première chaude à blanc : une seconde chaude pareille change et achève de détruire le nerf; elle altère même la qualité du grain, qui, de fin qu'il étoit, devient grossier et brillant comme celui du fer le plus commun : une troisième chaude rend ces grains encore plus gros, et laisse déjà voir entre leurs interstices des parties noires de

matière brûlée. Enfin, en continuant de lui donner des chaudes, on arrive au dernier degré de sa décomposition, et on le réduit en une terre morte, qui ne paroît plus contenir de substance métallique, et dont on ne peut faire aucun usage : car cette terre morte n'a pas, comme la plupart des autres chaux métalliques, la propriété de se revivifier par l'application des matières combustibles; elle ne contient guère plus de fer que le mâchefer commun tiré du charbon des végétaux, au lieu que les chaux des autres métaux se revivifient presque en entier, ou du moins en très-grande partie; et cela achève de démontrer que le fer est une matière presque entièrement combustible.

Ce fer que l'on tire, tant de cette terre ou chaux de fer, que du mâchefer provenant du charbon, m'a paru d'une singulière qualité; il est très-magnétique et très-infusible. J'ai trouvé du petit sable noir aussi magnétique, aussi indissoluble, et presque infusible, dans quelques unes des mines que j'ai fait exploiter. Ce sablon ferrugineux et magnétique se trouve mêlé avec les grains de mine qui ne le sont point du tout, et provient

certainement d'une cause toute autre. Le feu a produit ce sablon magnétique, et l'eau, les grains de mine; et lorsque par hasard ils se trouvent mélangés, c'est que le hasard a fait qu'on a brûlé de grands amas de bois ou qu'on a fait des fourneaux de charbon sur le terrain qui renferme les mines, et que ce sablon ferrugineux, qui n'est que le détriment du mâchefer que l'eau ne peut ni rouiller ni dissoudre, a pénétré, par la filtration des eaux, auprès des lits de mine en grains, qui souvent ne sont qu'à deux ou trois pieds de profondeur. On a vu, dans le Mémoire précédent, que ce sablon ferrugineux qui provient du mâchefer des végétaux, ou, si l'on veut, du fer brûlé autant qu'il peut l'être, paroît être le même, à tous égards, que celui qui se trouve dans la platine.

Le fer le plus parfait est celui qui n'a presque point de grain, et qui est entièrement d'un nerf de gris cendré. Le fer à nerf noir est encore très-bon, et peut-être est-il préférable au premier pour tous les usages où il faut chauffer plus d'une fois ce métal avant de l'employer. Le fer de la troisième qualité, et qui est moitié nerf et moitié grain, est le

fer par excellence pour le commerce, parce qu'on peut le chauffer deux ou trois fois sans le dénaturer. Le fer sans nerf, mais à grain fin, sert aussi pour beaucoup d'usages; mais les fers sans nerf et à gros grain devroient être proscrits, et font le plus grand tort dans la société, parce que malheureusement ils y sont cent fois plus communs que les autres. Il ne faut qu'un coup d'œil à un homme exercé pour connoître la bonne ou la mauvaise qualité du fer; mais les gens qui le font employer, soit dans leurs bâtimens, soit à leurs équipages, ne s'y connoissent ou n'y regardent pas, et payent souvent comme très-bon, du fer que le fardeau fait rompre ou que la rouille détruit en peu de temps.

Autant les chaudes vives et poussées jusqu'au blanc détériorent le fer, autant les chaudes douces où l'on ne le rougit que couleur de cerise, semblent l'améliorer. C'est par cette raison que les fers destinés à passer à la fenderie ou à la batterie ne demandent pas à être fabriqués avec autant de soin que ceux qu'on appelle *fers marchands*, qui doivent avoir toute leur qualité. Le fer de tirerie fait une classe à part. Il ne peut être

trop pur : s'il contenoit des parties hétérogènes, il deviendroit très-cassant aux dernières filières. Or il n'y a d'autre moyen de le rendre pur que de le faire bien suer en le chauffant la première fois jusqu'au blanc, et le martelant avec autant de force que de précaution, et ensuite en le faisant encore chauffer à blanc, afin d'achever de le dépurer sous le martinet en l'alongeant pour en faire de la verge crénelée. Mais les fers destinés à être refendus pour en faire de la verge ordinaire, des fers applatis, des languettes pour la tôle, tous les fers, en un mot, qu'on doit passer sous les cylindres, n'exigent pas le même degré de perfection, parce qu'ils s'améliorent au four de la fenderie, où l'on n'emploie que du bois, et dans lequel tous ces fers ne prennent une chaleur que du second degré, d'un rouge couleur de feu, qui est suffisant pour les amollir, et leur permet de s'applatir et de s'étendre sous les cylindres, et de se fendre ensuite sous les taillans. Néanmoins, si l'on veut avoir de la verge bien douce, comme celle qui est nécessaire pour les clous à maréchal; si l'on veut des fers applatis qui aient beaucoup de nerf, comme doivent être ceux

qu'on emploie pour les roues, et particulièrement les bandages qu'on fait d'une seule pièce, dans lesquels il faut au moins un tiers de nerf; les fers qu'on livre à la fenderie doivent être de bonne qualité, c'est-à-dire, avoir au moins un tiers de nerf : car j'ai observé que le feu doux du four et la forte compression des cylindres rendent, à la vérité, le grain du fer un peu plus fin, et donnent même du nerf à celui qui n'avoit que du grain très-fin, mais ils ne convertissent jamais en nerf le gros grain des fers communs; en sorte qu'avec du mauvais fer à gros grain on pourra faire de la verge et des fers applatis dont le grain sera moins gros, mais qui seront toujours trop cassans pour être employés aux usages dont je viens de parler.

Il en est de même de la tôle : on ne peut pas employer de trop bonne étoffe pour la faire, et il est bien fâcheux qu'on fasse tout le contraire ; car presque toutes nos tôles en France se font avec du fer commun : elles se rompent en les pliant, et se brûlent ou pourrissent en peu de temps, tandis que de la tôle faite, comme celle de Suède ou d'Angleterre, avec du bon fer bien nerveux, se

tordra cent fois sans rompre, et durera peut-être vingt fois plus que les autres. On en fait à mes forges de toute grandeur et de toute épaisseur; on en emploie à Paris pour les casseroles et autres pièces de cuisine, qu'on étame, et qu'on a raison de préférer aux casseroles de cuivre. On a fait avec cette même tôle grand nombre de poêles, de chéneaux, de tuyaux; et j'ai, depuis quatre ans, l'expérience mille fois réitérée, qu'elle peut durer, comme je viens de le dire, soit au feu, soit à l'air, beaucoup plus que les tôles communes : mais comme elle est un peu plus chère, le débit en est moindre, et l'on n'en demande que pour de certains usages particuliers, auxquels les autres tôles ne pourroient être employées. Lorsqu'on est au fait, comme j'y suis, du commerce des fers, on diroit qu'en France on a fait un pacte général de ne se servir que de ce qu'il y a de plus mauvais en ce genre.

Avec du fer nerveux on pourra toujours faire d'excellente tôle, en faisant passer le fer des languettes sous les cylindres de la fenderie. Ceux qui applatissent ces languettes sous le martinet, après les avoir fait chauffer

au charbon, sont dans un très-mauvais usage : le feu de charbon, poussé par les soufflets, gâte le fer de ces languettes; celui du four de la fenderie ne fait que le perfectionner. D'ailleurs il en coûte plus de moitié moins pour faire les languettes au cylindre que pour les faire au martinet; ici l'intérêt s'accorde avec la théorie de l'art : il n'y a donc que l'ignorance qui puisse entretenir cette pratique, qui néanmoins est la plus générale; car il y a peut-être sur toutes les tôles qui se fabriquent en France, plus des trois quarts dont les languettes ont été faites au martinet. Cela ne peut pas être autrement, me dira-t-on; toutes les batteries n'ont pas à côté d'elles une fenderie et des cylindres montés. Je l'avoue, et c'est ce dont je me plains; on a tort de permettre ces petits établissemens particuliers qui ne subsistent qu'en achetant dans les grosses forges les fers au meilleur marché, c'est-à-dire, tous les plus médiocres, pour les fabriquer ensuite en tôle et en petits fers de la plus mauvaise qualité.

Un autre objet fort important sont les fers de charrue : on ne sauroit croire combien la mauvaise qualité du fer dont on les fabrique

fait de tort aux laboureurs ; on leur livre inhumainement des fers qui cassent au moindre effort, et qu'ils sont forcés de renouveler presque aussi souvent que leurs cultures : on leur fait payer bien cher du mauvais acier dont on arme la pointe de ces fers encore plus mauvais, et le tout est perdu pour eux au bout d'un an, et souvent en moins de temps, tandis qu'en employant pour ces fers de charrue, comme pour la tôle, le fer le meilleur et le plus nerveux, on pourroit les garantir pour un usage de vingt ans, et même se dispenser d'en aciérer la pointe; car j'ai fait faire plusieurs centaines de ces fers de charrue, dont j'ai fait essayer quelques uns sans acier, et ils se sont trouvés d'une étoffe assez ferme pour résister au labour. J'ai fait la même expérience sur un grand nombre de pioches : c'est la mauvaise qualité de nos fers qui a établi chez les taillandiers l'usage général de mettre de l'acier à ces instrumens de campagne, qui n'en auroient pas besoin s'ils étoient de bon fer fabriqué avec des languettes passées sous les cylindres.

J'avoue qu'il y a de certains usages pour

lesquels on pourroit fabriquer du fer aigre; mais encore ne faut-il pas qu'il soit à trop gros grain ni trop cassant : les clous pour les petites lattes à tuile, les broquettes et autres petits clous, plient lorsqu'ils sont faits d'un fer trop doux ; mais à l'exception de ce seul emploi, qu'on ne remplira toujours que trop, je ne vois pas qu'on doive se servir de fer aigre. Et si, dans une bonne manufacture, on en veut faire une certaine quantité, rien n'est plus aisé; il ne faut qu'augmenter d'une mesure ou d'une mesure et demie de mine au fourneau, et mettre à part les gueuses qui en proviendront ; la fonte en sera moins bonne et plus blanche. On les fera forger à part, en ne donnant que deux chaudes à chaque bande, et l'on aura du fer aigre qui se fendra plus aisément que l'autre, et qui donnera de la verge cassante.

Le meilleur fer, c'est-à-dire, celui qui a le plus de nerf, et par conséquent le plus de ténacité, peut éprouver cent et deux cents coups de masse sans se rompre; et comme il faut néanmoins le casser pour tous les usages de la fenderie et de la batterie, et que cela demanderoit beaucoup de temps, même en

s'aidant du ciseau d'acier, il vaut mieux faire couper sous le marteau de la forge les barres encore chaudes à moitié de leur épaisseur : cela n'empêche pas le marteleur de les achever, et épargne beaucoup de temps au fendeur et au platineur. Tout le fer que j'ai fait casser à froid et à grands coups de masse, s'échauffe d'autant plus qu'il est plus fortement et plus souvent frappé; non seulement il s'échauffe au point de brûler très-vivement, mais il s'aimante comme s'il eût été frotté sur un très-bon aimant. M'étant assuré de la constance de cet effet par plusieurs observations successives, je voulus voir si, sans percussion, je pourrois de même produire dans le fer la vertu magnétique. Je fis prendre pour cela une verge de trois lignes de grosseur de mon fer le plus liant, et que je connoissois pour être très-difficile à rompre; et l'ayant fait plier et replier, par les mains d'un homme fort, sept ou huit fois de suite sans pouvoir la rompre, je trouvai le fer très-chaud au point où on l'avoit plié, et il avoit en même temps toute la vertu d'un barreau bien aimanté. J'aurai occasion dans la suite de revenir à ce phénomène, qui tient

de très-près à la théorie du magnétisme et de l'électricité, et que je ne rapporte ici que pour démontrer que plus une matière est tenace, c'est-à-dire, plus il faut d'efforts pour la diviser, plus elle est près de produire de la chaleur et tous les autres effets qui en peuvent dépendre, et prouver en même temps que la simple pression, produisant le frottement des parties intérieures, équivaut à l'effet de la plus violente percussion.

On soude tous les jours le fer avec lui-même ou sur lui-même : mais il faut la plus grande précaution pour qu'il ne se trouve pas un peu plus foible aux endroits des soudures ; car, pour réunir et souder les deux bouts d'une barre, on les chauffe jusqu'au blanc le plus vif : le fer, dans cet état, est tout prêt à fondre; il n'y arrive pas sans perdre toute sa ténacité, et par conséquent tout son nerf. Il ne peut donc en reprendre, dans toute cette partie qu'on soude, que par la percussion des marteaux, dont deux ou trois ouvriers font succéder les coups le plus vîte qu'il leur est possible ; mais cette percussion est très-foible et même lente, en comparaison de celle du marteau de la forge, ou même de

celle du martinet. Ainsi l'endroit soudé, quelque bonne que soit l'étoffe, n'aura que peu de nerf, et souvent point du tout, si l'on n'a pas bien saisi l'instant où les deux morceaux sont également chauds, et si le mouvement du marteau n'a pas été assez prompt et assez fort pour les bien réunir. Aussi, quand on a des pièces importantes à souder, on fera bien de le faire sous les martinets les plus prompts. La soudure, dans les canons des armes à feu, est une des choses les plus importantes. M. de Montbeillard, dans le Mémoire que j'ai cité ci-dessus, donne de très-bonnes vues sur cet objet, et même des expériences décisives. Je crois avec lui que, comme il faut chauffer à blanc nombre de fois la bande ou *maquette* pour souder le canon dans toute sa longueur, il ne faut pas employer du fer qui seroit au dernier degré de sa perfection, parce qu'il ne pourroit que se détériorer par ces fréquentes chaudes vives; qu'il faut, au contraire, choisir le fer qui, n'étant pas encore aussi épuré qu'il peut l'être, gagnera plutôt de la qualité qu'il n'en perdra par ces nouvelles chaudes. Mais cet article seul demanderoit un grand travail, fait et dirigé par un homme aussi

éclairé que M. de Montbeillard; et l'objet en est d'une si grande importance pour la vie des hommes et pour la gloire de l'État, qu'il mérite la plus grande attention.

Le fer se décompose par l'humidité comme par le feu; il attire l'humide de l'air, s'en pénètre et se rouille, c'est-à-dire, se convertit en une espèce de terre sans liaison, sans cohérence : cette conversion se fait en assez peu de temps dans les fers qui sont de mauvaise qualité ou mal fabriqués; ceux dont l'étoffe est bonne, et dont les surfaces sont bien lisses ou polies, se défendent plus longtemps: mais tous sont sujets à cette espèce de mal, qui, de la superficie, gagne assez promptement l'intérieur, et détruit avec le temps le corps entier du fer. Dans l'eau il se conserve beaucoup mieux qu'à l'air; et quoiqu'on s'apperçoive de son altération par la couleur noire qu'il y prend après un long séjour, il n'est point dénaturé : il peut être forgé; au lieu que celui qui a été exposé à l'air pendant quelques siècles, et que les ouvriers appellent du *fer luné*, parce qu'ils s'imaginent que la lune le mange, ne peut ni se forger ni servir à rien, à moins qu'on

ne le revivifie comme les rouilles et les safrans de mars, ce qui coûte communément plus que le fer ne vaut. C'est en ceci que consiste la différence des deux décompositions du fer. Dans celle qui se fait par le feu, la plus grande partie du fer se brûle et s'exhale en vapeurs comme les autres matières combustibles ; il ne reste qu'un mâchefer qui contient, comme celui du bois, une petite quantité de matière très-attirable par l'aimant, qui est bien du vrai fer, mais qui m'a paru d'une nature singulière, et semblable, comme je l'ai dit, au sablon ferrugineux qui se trouve en si grande quantité dans la platine. La décomposition par l'humidité ne diminue pas, à beaucoup près, autant que la combustion, la masse du fer ; mais elle en altère toutes les parties au point de leur faire perdre leur vertu magnétique, leur cohérence et leur couleur métallique. C'est de cette rouille ou terre de fer que sont en grande partie composées les mines en grains : l'eau, après avoir atténué ces particules de rouille et les avoir réduites en molécules sensibles, les charie et les dépose par filtration dans le sein de la terre, où elles se réunissent en grains par une

sorte de crystallisation qui se fait, comme toutes les autres, par l'attraction mutuelle des molécules analogues ; et comme cette rouille de fer étoit privée de la vertu magnétique, il n'est pas étonnant que les mines en grains qui en proviennent en soient également dépourvues. Ceci me paroît démontrer d'une manière assez claire, que le magnétisme suppose l'action précédente du feu ; que c'est une qualité particulière que le feu donne au fer, et que l'humidité de l'air lui enlève en le décomposant.

Si l'on met dans un vase une grande quantité de limaille de fer pure, qui n'a pas encore pris de rouille, et si on la couvre d'eau, on verra, en la laissant sécher, que cette limaille se réunit par ce seul intermède, au point de faire une masse de fer assez solide pour qu'on ne puisse la casser qu'à coups de masse. Ce n'est donc pas précisément l'eau qui décompose le fer et qui produit la rouille, mais plutôt les sels et les vapeurs sulfureuses de l'air ; car on sait que le fer se dissout très-aisément par les acides et par le soufre. En présentant une verge de fer bien rouge à une bille de soufre, le fer coule

dans l'instant, et, en le recevant dans l'eau, on obtient des grenailles qui ne sont plus du fer, ni même de la fonte; car j'ai éprouvé qu'on ne pouvoit pas les réunir au feu pour les forger: c'est une matière qu'on ne peut comparer qu'à la pyrite martiale, dans laquelle le fer paroît être également décomposé par le soufre; et je crois que c'est par cette raison que l'on trouve presque par-tout à la surface de la terre, et sous les premiers lits de ses couches extérieures, une assez grande quantité de ces pyrites, dont le grain ressemble à celui du mauvais fer, mais qui n'en contiennent qu'une très-petite quantité, mêlée avec beaucoup d'acide vitriolique et plus ou moins de soufre.

CINQUIÈME MÉMOIRE.

Expériences sur les effets de la chaleur obscure.

Pour reconnoître les effets de la chaleur obscure, c'est-à-dire, de la chaleur privée de lumière, de flamme et du feu libre, autant qu'il est possible, j'ai fait quelques expériences en grand, dont les résultats m'ont paru très-intéressans.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

On a commencé, sur la fin d'août 1772, à mettre des braises ardentes dans le creuset du grand fourneau, qui sert à fondre la mine de fer pour la couler en gueuses; ces braises ont achevé de sécher les mortiers, qui étoient faits de glaise mêlée par égale portion avec du sable vitrescible. Le fourneau avoit vingt-trois pieds de hauteur. On a jeté par le gueulard (c'est ainsi qu'on appelle l'ouverture supérieure du fourneau) les charbons ardens

que l'on tiroit des petits fourneaux d'expériences ; on a mis successivement une assez grande quantité de ces braises pour remplir le bas du fourneau jusqu'à la cuve (c'est ainsi qu'on appelle l'endroit de la plus grande capacité du fourneau) ; ce qui, dans celui-ci, montoit à sept pieds deux pouces de hauteur perpendiculaire depuis le fond du creuset. Par ce moyen, on a commencé de donner au fourneau une chaleur modérée qui ne s'est pas fait sentir dans la partie la plus élevée.

Le 10 septembre on a vidé toutes ces braises réduites en cendres par l'ouverture du creuset; et lorsqu'il a été bien nettoyé, on y a mis quelques charbons ardens, et d'autres charbons par-dessus, jusqu'à la quantité de six cents livres pesant : ensuite on a laissé prendre le feu ; et le lendemain, 11 septembre, on a achevé de remplir le fourneau avec quatre mille huit cents livres de charbon. Ainsi il contient en tout cinq mille quatre cents livres de charbon, qui y ont été portées en cent trente-cinq corbeilles, de quarante livres chacune, tare faite.

On a laissé pendant ce temps l'entrée du creuset ouverte, et celle de la tuyère bien

bouchée, pour empêcher le feu de se communiquer aux soufflets. La première impression de la grande chaleur, produite par le long séjour des braises ardentes et par cette première combustion du charbon, s'est marquée par une petite fente qui s'est faite dans la pierre du fond à l'entrée du creuset, et par une autre fente qui s'est faite dans la pierre de la tympe. Le charbon néanmoins, quoique fort allumé dans le bas, ne l'étoit encore qu'à une très-petite hauteur, et le fourneau ne donnoit au gueulard qu'assez peu de fumée, ce même jour 11 septembre, à six heures du soir; car cette ouverture supérieure n'étoit pas bouchée, non plus que l'ouverture du creuset.

A neuf heures du soir du même jour, la flamme a percé jusqu'au-dessus du fourneau; et comme elle est devenue très-vive en peu de temps, on a bouché l'ouverture du creuset à dix heures du soir. La flamme, quoique fort ralentie par cette suppression du courant de l'air, s'est soutenue pendant la nuit et le jour suivant; en sorte que le lendemain 13 septembre, vers les quatre heures du soir, le charbon avoit baissé d'un peu

plus de quatre pieds. On a rempli ce vide, à cette même heure, avec onze corbeilles de charbon, pesant ensemble quatre cent quarante livres. Ainsi le fourneau a été chargé en tout de cinq mille huit cent quarante livres de charbon.

Ensuite on a bouché l'ouverture supérieure du fourneau avec un large couvercle de forte tôle, garni tout autour avec du mortier de glaise et sable mêlé de poudre de charbon, et chargé d'un pied d'épaisseur de cette poudre de charbon mouillée. Pendant que l'on bouchoit, on a remarqué que la flamme ne laissoit pas de retentir assez fortement dans l'intérieur du fourneau : mais en moins d'une minute la flamme a cessé de retentir, et l'on n'entendoit plus aucun bruit ni murmure, en sorte qu'on auroit pu penser que l'air n'ayant point d'accès dans la cavité du fourneau, le feu y étoit entièrement étouffé.

On a laissé le fourneau ainsi bouché partout, tant au-dessus qu'au-dessous, depuis le 13 septembre jusqu'au 28 du même mois, c'est-à-dire, pendant quinze jours. J'ai remarqué pendant ce temps que, quoiqu'il n'y eût point de flamme dans le fourneau, ni même

de feu lumineux, la chaleur ne laissoit pas d'augmenter et de se communiquer autour de la cavité du fourneau.

Le 28 septembre, à dix heures du matin, on a débouché l'ouverture supérieure du fourneau avec précaution, dans la crainte d'être suffoqué par la vapeur du charbon. J'ai remarqué, avant de l'ouvrir, que la chaleur avoit gagné jusqu'à quatre pieds et demi dans l'épaisseur du massif qui forme la tour du fourneau. Cette chaleur n'étoit pas fort grande aux environs de la *bure* (c'est ainsi qu'on appelle la partie supérieure du fourneau, qui s'élève au-dessus de son terre-plein) : mais à mesure qu'on approchoit de la cavité, les pierres étoient déja si fort échauffées, qu'il n'étoit pas possible de les toucher un instant ; les mortiers, dans les joints des pierres, étoient en partie brûlés, et il paroissoit que la chaleur étoit beaucoup plus grande encore dans le bas du fourneau ; car les pierres du dessus de la tympe et de la tuyère étoient excessivement chaudes dans toute leur épaisseur jusqu'à quatre ou cinq pieds.

Au moment qu'on a débouché le gueulard du fourneau, il en est sorti une vapeur suf-

focante dont il a fallu s'éloigner, et qui n'a pas laissé de faire mal à la tête à la plupart des assistans. Lorsque cette vapeur a été dissipée, on a mesuré de combien le charbon enfermé et privé d'air courant pendant quinze jours, avoit diminué, et l'on a trouvé qu'il avoit baissé de quatorze pieds cinq pouces de hauteur; en sorte que le fourneau étoit vide dans toute sa partie supérieure jusqu'auprès de la cuve.

Ensuite j'ai observé la surface de ce charbon, et j'y ai vu une petite flamme qui venoit de naître; il étoit absolument noir et sans flamme auparavant. En moins d'une heure cette petite flamme bleuâtre est devenue rouge dans le centre, et s'élevoit alors d'environ deux pieds au-dessus du charbon.

Une heure après avoir débouché le gueulard, j'ai fait déboucher l'entrée du creuset. La première chose qui s'est présentée à cette ouverture, n'a pas été du feu, comme on auroit pu le présumer, mais des scories provenant du charbon, et qui ressembloient à du mâchefer léger. Ce mâchefer étoit en assez grande quantité, et remplissoit tout l'intérieur du creuset, depuis la tympe à la rus-

tine ; et ce qu'il y a de singulier, c'est que, quoiqu'il ne se fût formé que par une grande chaleur, il avoit intercepté cette même chaleur au-dessus du creuset, en sorte que les parties de ce mâchefer qui étoient au fond n'étoient, pour ainsi dire, que tièdes; néanmoins elles s'étoient attachées au fond et aux parois du creuset, et elles en avoient réduit en chaux quelques portions jusqu'à plus de trois ou quatre pouces de profondeur.

J'ai fait tirer ce mâchefer et l'ai fait mettre à part pour l'examiner ; on a aussi tiré la chaux du creuset et des environs, qui étoit en assez grande quantité. Cette calcination, qui s'est faite par ce feu sans flamme, m'a paru provenir en partie de l'action de ces scories du charbon. J'ai pensé que ce feu sourd et sans flamme étoit trop sec; et je crois que si j'avois mêlé quelque portion de laitier ou de terre vitrescible avec le charbon, cette terre auroit servi d'aliment à la chaleur, et auroit rendu des matières fondantes qui auroient préservé de la calcination la surface de l'ouvrage du fourneau.

Quoi qu'il en soit, il résulte de cette expérience que la chaleur seule, c'est-à-dire,

la chaleur obscure, renfermée, et privée d'air autant qu'il est possible, produit néanmoins, avec le temps, des effets semblables à ceux du feu le plus actif et le plus lumineux. On sait qu'il doit être violent pour calciner la pierre. Ici c'étoit de toutes les pierres calcaires la moins calcinable, c'est-à-dire, la plus résistante au feu, que j'avois choisie pour faire construire l'ouvrage et la cheminée de mon fourneau : toute cette pierre d'ailleurs avoit été taillée et posée avec soin; les plus petits quartiers avoient un pied d'épaisseur, un pied et demi de largeur, sur trois et quatre pieds de longueur; et dans ce gros volume, la pierre est encore bien plus difficile à calciner que quand elle est réduite en moellons. Cependant cette seule chaleur a non seulement calciné ces pierres à près d'un demi-pied de profondeur dans la partie la plus étroite et la plus froide du fourneau, mais encore a brûlé en même temps les mortiers faits de glaise et de sable sans les faire fondre; ce que j'aurois mieux aimé, parce qu'alors les joints de la bâtisse du fourneau se seroient conservés pleins, au lieu que la chaleur, ayant suivi la route de ces joints, a

encore calciné les pierres sur toutes les faces des joints. Mais, pour faire mieux entendre les effets de cette chaleur obscure et concentrée, je dois observer :

1°. Que le massif du fourneau étant de vingt-huit pieds d'épaisseur de deux faces, et de vingt-quatre pieds d'épaisseur des deux autres faces, et la cavité où étoit contenu le charbon n'ayant que six pieds dans sa plus grande largeur, les murs pleins qui environnent cette cavité, avoient neuf pieds d'épaisseur de maçonnerie à chaux et sable aux parties les moins épaisses; que par conséquent on ne peut pas supposer qu'il ait passé de l'air à travers ces murs de neuf pieds : 2°. que cette cavité qui contenoit le charbon, ayant été bouchée en bas, à l'endroit de la coulée, avec un mortier de glaise mêlé de sable d'un pied d'épaisseur, et à la tuyère qui n'a que quelques pouces d'ouverture, avec ce même mortier dont on se sert pour tous les bouchages, il n'est pas à présumer qu'il ait pu entrer de l'air par ces deux ouvertures : 3°. que le gueulard du fourneau ayant de même été fermé avec une plaque de forte tôle lutée et recouverte avec le même

mortier, sur environ six pouces d'épaisseur, et encore environnée et surmontée de poussière de charbon mêlée avec ce mortier, sur six autres pouces de hauteur, tout accès à l'air par cette dernière ouverture étoit interdit. On peut donc assurer qu'il n'y avoit point d'air circulant dans toute cette cavité, dont la capacité étoit de trois cent trente pieds cubes, et que l'ayant remplie de cinq mille quatre cents livres de charbon, le feu étouffé dans cette cavité n'a pu se nourrir que de la petite quantité d'air contenue dans les intervalles que laissoient entre eux les morceaux de charbon; et comme cette matière jetée l'une sur l'autre laisse de très-grands vides, supposons moitié ou même trois quarts, il n'y a donc eu dans cette cavité que cent soixante-cinq ou tout au plus deux cent quarante-huit pieds cubes d'air. Or le feu du fourneau, excité par les soufflets, consomme cette quantité d'air en moins d'une demi-minute; et cependant il sembleroit qu'elle a suffi pour entretenir pendant quinze jours la chaleur, et l'augmenter à peu près au même point que celle du feu libre, puisqu'elle a produit la calcination des

pierres à quatre pouces de profondeur dans le bas, et à plus de deux pieds de profondeur dans le milieu et dans toute l'étendue du fourneau, ainsi que nous le dirons tout-à-l'heure. Comme cela me paroissoit assez inconcevable, j'ai d'abord pensé qu'il falloit ajouter à ces deux cent quarante-huit pieds cubes d'air contenus dans la cavité du fourneau, toute la vapeur de l'humidité des murs, que la chaleur concentrée n'a pu manquer d'attirer, et de laquelle il n'est guère possible de faire une juste estimation. Ce sont-là les seuls alimens, soit en air, soit en vapeurs aqueuses, que cette très-grande chaleur a consommés pendant quinze jours; car il ne se dégage que peu ou point d'air du charbon dans sa combustion, quoiqu'il s'en dégage plus d'un tiers du poids total du bois de chêne bien séché. Cet air fixe contenu dans le bois, en est chassé par la première opération du feu qui le convertit en charbon; et s'il en reste, ce n'est qu'en si petite quantité, qu'on ne peut pas la regarder comme le supplément de l'air qui manquoit ici à l'entretien du feu. Ainsi cette chaleur très-grande, et qui s'est augmentée au point de calciner

profondément les pierres, n'a été entretenue que par deux cent quarante-huit pieds cubes d'air et par les vapeurs de l'humidité des murs; et quand nous supposerions le produit successif de cette humidité cent fois plus considérable que le volume d'air contenu dans la cavité du fourneau, cela ne feroit toujours que vingt-quatre mille huit cents pieds cubes de vapeurs propres à entretenir la combustion; quantité que le feu libre et animé par les soufflets consommeroit en moins de trente minutes, tandis que la chaleur sourde ne la consomme qu'en quinze jours.

Et ce qu'il est nécessaire d'observer encore, c'est que le même feu libre et animé auroit consumé en onze ou douze heures les trois mille six cents livres de charbon que la chaleur obscure n'a consommées qu'en quinze jours : elle n'a donc eu que la trentième partie de l'aliment du feu libre, puisqu'il y a eu trente fois autant de temps employé à la consommation de la matière combustible; et en même temps il y a eu environ sept cent vingt fois moins d'air ou de vapeurs employées à cette combustion. Néanmoins les effets de cette chaleur obscure ont été les

mêmes que ceux du feu libre; car il auroit fallu quinze jours de ce feu violent et animé pour calciner les pierres au même degré qu'elles l'ont été par la chaleur seule : ce qui nous démontre d'une part l'immense déperdition de la chaleur lorsqu'elle s'exhale avec les vapeurs et la flamme, et d'autre part les grands effets qu'on peut attendre de sa concentration, ou, pour mieux dire, de sa coërcion, de sa détention ; car cette chaleur retenue et concentrée ayant produit les mêmes effets que le feu libre et violent, avec trente fois moins de matière combustible et sept cent vingt fois moins d'air, et étant supposée en raison composée de ces deux alimens, on doit en conclure que, dans nos grands fourneaux à fondre les mines de fer, il se perd vingt-un mille fois plus de chaleur qu'il ne s'en applique, soit à la mine, soit aux parois du fourneau, en sorte qu'on imagineroit que les fourneaux de réverbère où la chaleur est plus concentrée, devroient produire le feu le plus puissant. Cependant j'ai acquis la preuve du contraire, nos mines de fer ne s'étant pas même agglutinées par le feu de réverbère de la glacerie de Rouelles

en Bourgogne, tandis qu'elles fondent en moins de douze heures au feu de mes fourneaux à soufflets. Cette différence tient au principe que j'ai donné : le feu, par sa vîtesse ou par son volume, produit des effets tout différens sur certaines substances telles que la mine de fer, tandis que, sur d'autres substances telles que la pierre calcaire, il peut en produire de semblables. La fusion est en général une opération prompte, qui doit avoir plus de rapport avec la vîtesse du feu que la calcination, qui est presque toujours lente, et qui doit dans bien des cas avoir plus de rapport au volume du feu ou à son long séjour qu'à sa vîtesse. On verra, par l'expérience suivante, que cette même chaleur retenue et concentrée n'a fait aucun effet sur la mine de fer.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

Dans ce même fourneau de vingt-trois pieds de hauteur, après avoir fondu de la mine de fer pendant environ quatre mois, je fis couler les dernières gueuses en remplissant toujours avec du charbon, mais sans mine, afin d'en tirer toute la matière fon-

due; et quand je me fus assuré qu'il n'en restoit plus, je fis cesser le vent, boucher exactement l'ouverture de la tuyère et celle de la coulée, qu'on maçonna avec de la brique et du mortier de glaise mêlé de sable. Ensuite je fis porter sur le charbon autant de mine qu'il pouvoit en entrer dans le vide qui étoit au-dessus du fourneau : il y en entra cette première fois vingt-sept mesures de soixante livres, c'est-à-dire, seize cent vingt livres, pour affleurer le niveau du gueulard; après quoi je fis boucher cette ouverture avec la même plaque de forte tôle et du mortier de glaise et sable, et encore de la poudre de charbon en grande quantité. On imagine bien quelle immense chaleur je renfermois ainsi dans le fourneau : tout le charbon en étoit allumé du haut en bas lorsque je fis cesser le vent; toutes les pierres des parois étoient rouges du feu qui les pénétroit depuis quatre mois. Toute cette chaleur ne pouvoit s'exhaler que par deux petites fentes qui s'étoient faites au mur du fourneau, et que je fis remplir de bon mortier, afin de lui ôter encore ces issues. Trois jours après, je fis déboucher le gueulard, et je vis, avec

quelque surprise, que, malgré cette chaleur immense renfermée dans le fourneau, le charbon ardent, quoique comprimé par la mine et chargé de seize cent vingt livres, n'avoit baissé que de seize pouces en trois jours ou soixante-douze heures. Je fis sur-le-champ remplir ces seize pouces de vide avec vingt-cinq mesures de mine, pesant ensemble quinze cents livres. Trois jours après, je fis déboucher cette même ouverture du gueulard, et je trouvai le même vide de seize pouces, et par conséquent la même diminution, ou, si l'on veut, le même affaissement du charbon : je fis remplir de même avec quinze cents livres de mine; ainsi il y en avoit déja quatre mille six cent vingt livres sur le charbon, qui étoit tout embrasé lorsqu'on avoit commencé de fermer le fourneau. Six jours après, je fis déboucher le gueulard pour la troisième fois, et je trouvai que, pendant ces six jours, le charbon n'avoit baissé que de vingt pouces, que l'on remplit avec dix-huit cent soixante livres de mine. Enfin, neuf jours après, on déboucha pour la quatrième fois, et je vis que, pendant ces neuf derniers jours, le

charbon n'avoit baissé que de vingt-un pouces, que je fis remplir de dix-neuf cent vingt livres de mine; ainsi il y en avoit en tout huit mille quatre cents livres. On referma le gueulard avec les mêmes précautions, et le lendemain, c'est-à-dire, vingt-deux jours après avoir bouché pour la première fois, je fis rompre la petite maçonnerie de briques qui bouchoit l'ouverture de la coulée, en laissant toujours fermée celle du gueulard, afin d'éviter le courant d'air qui auroit enflammé le charbon. La première chose que l'on tira par l'ouverture de la coulée, furent des morceaux réduits en chaux dans l'ouvrage du fourneau : on y trouva aussi quelques petits morceaux de mâchefer, quelques autres d'une fonte mal dirigée, et environ une livre et demie de très-bon fer qui s'étoit formé par coagulation. On tira près d'un tombereau de toutes ces matières, parmi lesquelles il y avoit aussi quelques morceaux de mine brûlée et presque réduite en mauvais laitier : cette mine brûlée ne provenoit pas de celle que j'avois fait imposer sur les charbons après avoir fait cesser le vent, mais de celle qu'on

y avoit jetée sur la fin du fondage, qui s'étoit attachée aux parois du fourneau, et qui ensuite étoit tombée dans le creuset avec les parties de pierres calcinées auxquelles elle étoit unie.

Après avoir tiré ces matières, on fit tomber le charbon : le premier qui parut étoit à peine rouge ; mais dès qu'il eut de l'air, il devint très-rouge : on ne perdit pas un instant à le tirer, et on l'éteignoit en même temps en jetant de l'eau dessus. Le gueulard étant toujours bien fermé, on tira tout le charbon par l'ouverture de la coulée, et aussi toute la mine dont je l'avois fait charger. La quantité de ce charbon tiré du fourneau montoit à cent quinze corbeilles ; en sorte que, pendant ces vingt-deux jours d'une chaleur si violente, il paroissoit qu'il ne s'en étoit consommé que dix-sept corbeilles, car toute la capacité du fourneau n'en contient que cent trente-cinq ; et comme il y avoit seize pouces et demi de vide lorsqu'on le boucha, il faut déduire deux corbeilles qui auroient été nécessaires pour remplir ce vide.

Étonné de cette excessivement petite con-

sommation du charbon pendant vingt-deux jours de l'action de la plus violente chaleur qu'on eût jamais enfermée, je regardai ces charbons de plus près, et je vis que, quoiqu'ils eussent aussi peu perdu sur leur volume, ils avoient beaucoup perdu sur leur masse, et que, quoique l'eau avec laquelle on les avoit éteints leur eût rendu du poids, ils étoient encore d'environ un tiers plus légers que quand on les avoit jetés au fourneau; cependant les ayant fait transporter aux petites chaufferies des martinets et de la batterie, ils se trouvèrent encore assez bons pour chauffer, même à blanc, les petites barres de fer qu'on fait passer sous ces marteaux.

On avoit tiré la mine en même temps que le charbon, et on l'avoit soigneusement séparée et mise à part : la très-violente chaleur qu'elle avoit essuyée pendant un si long temps, ne l'avoit ni fondue ni brûlée, ni même agglutinée; le grain en étoit seulement devenu plus propre et plus luisant : le sable vitrescible et les petits cailloux dont elle étoit mêlée ne s'étoient point fondus, et il me parut qu'elle n'avoit perdu que l'humi-

dité qu'elle contenoit auparavant, car elle n'avoit guère diminué que d'un cinquième en poids et d'environ un vingtième en volume, et cette dernière quantité s'étoit perdue dans les charbons.

Il résulte de cette expérience, 1°. que la plus violente chaleur et la plus concentrée pendant un très-long temps ne peut, sans le secours et le renouvellement de l'air, fondre la mine de fer, ni même le sable vitrescible, tandis qu'une chaleur de même espèce et beaucoup moindre peut calciner toutes les matières calcaires; 2°. que le charbon pénétré de chaleur ou de feu commence à diminuer de masse long-temps avant de diminuer de volume, et que ce qu'il perd le premier sont les parties les plus combustibles qu'il contient: car, en comparant cette seconde expérience avec la première, comment se pourroit-il que la même quantité de charbon se consomme plus vîte avec une chaleur très-médiocre, qu'à une chaleur de la dernière violence, toutes deux également privées d'air, également retenues et concentrées dans le même vaisseau clos? Dans la première expérience, le charbon, qui, dans une

cavité presque froide, n'avoit éprouvé que la légère impression d'un feu qu'on avoit étouffé au moment que la flamme s'étoit montrée, avoit néanmoins diminué des deux tiers en quinze jours; tandis que le même charbon enflammé autant qu'il pouvoit l'être par le vent des soufflets, et recevant encore la chaleur immense des pierres rouges de feu dont il étoit environné, n'a pas diminué d'un sixième pendant vingt-deux jours. Cela seroit inexplicable si l'on ne faisoit pas attention que, dans le premier cas, le charbon avoit toute sa densité et contenoit toutes ses parties combustibles, au lieu que, dans le second cas, où il etoit dans l'état de la plus forte incandescence, toutes ses parties les plus combustibles etoient déja brûlées. Dans la première experience, la chaleur, d'abord très-médiocre, alloit toujours en augmentant, à mesure que la combustion augmentoit et se communiquoit de plus en plus à la masse entière du charbon : dans la seconde expérience, la chaleur excessive alloit en diminuant à mesure que le charbon achevoit de brûler; et il ne pouvoit plus donner autant de chaleur, parce que sa com-

bustion étoit fort avancée au moment qu'on l'avoit enfermé. C'est là la vraie cause de cette différence d'effets. Le charbon dans la première expérience, contenant toutes ses parties combustibles, brûloit mieux et se consumoit plus vîte que celui de la seconde expérience, qui ne contenoit presque plus de matière combustible, et ne pouvoit augmenter son feu ni même l'entretenir au même degré que par l'emprunt de celui des murs du fourneau : c'est par cette seule raison que la combustion alloit toujours en diminuant, et qu'au total elle a été beaucoup moindre et plus lente que l'autre, qui alloit toujours en augmentant, et qui s'est faite en moins de temps. Lorsque tout accès est fermé à l'air, et que les matières renfermées n'en contiennent que peu ou point dans leur substance, elles ne se consumeront pas, quelque violente que soit la chaleur; mais s'il reste une certaine quantité d'air entre les interstices de la matière combustible, elle se consumera d'autant plus vîte et d'autant plus qu'elle pourra fournir elle-même une plus grande quantité d'air. 3°. Il résulte encore de ces expériences, que la chaleur la plus

violente, dès qu'elle n'est pas nourrie, produit moins d'effet que la plus petite chaleur qui trouve de l'aliment : la première est, pour ainsi dire, une chaleur morte qui ne se fait sentir que par sa déperdition ; l'autre est un feu vivant qui s'accroît à proportion des alimens qu'il consume. Pour reconnoître ce que cette chaleur morte, c'est-à-dire, cette chaleur dénuée de tout aliment, pouvoit produire, j'ai fait l'expérience suivante.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

Après avoir tiré du fourneau, par l'ouverture de la coulée, tout le charbon qui y étoit contenu, et l'avoir entièrement vidé de mine et de toute autre matière, je fis maçonner de nouveau cette ouverture et boucher avec le plus grand soin celle du gueulard en haut, toutes les pierres des parois du fourneau étant encore excessivement chaudes : l'air ne pouvoit donc entrer dans le fourneau pour le rafraîchir, et la chaleur ne pouvoit en sortir qu'à travers des murs de plus de neuf pieds d'épaisseur; d'ailleurs il n'y avoit dans sa cavité, qui étoit absolument vide, aucune matière combustible,

ni même aucune autre matière. Observant donc ce qui arriveroit, je m'apperçus que tout l'effet de la chaleur se portoit en haut, et que, quoique cette chaleur ne fût pas du feu vivant ou nourri par aucune matière combustible, elle fit rougir en peu de temps la forte plaque de tôle qui couvroit le gueulard; que cette incandescence donnée par la chaleur obscure à cette large pièce de fer se communiqua par le contact à toute la masse de poudre de charbon qui recouvroit les mortiers de cette plaque, et enflamma du bois que je fis mettre dessus. Ainsi la seule évaporation de cette chaleur obscure et morte, qui ne pouvoit sortir que des pierres du fourneau, produisit ici le même effet que le feu vif et nourri. Cette chaleur tendant toujours en haut et se réunissant toute à l'ouverture du gueulard au-dessous de la plaque de fer, la rendit rouge, lumineuse, et capable d'enflammer des matières combustibles : d'où l'on doit conclure qu'en augmentant la masse de la chaleur obscure on peut produire de la lumière, de la même manière qu'en augmentant la masse de la lumière on produit de la chaleur; que dès lors ces deux subs-

tances sont réciproquement convertibles de l'une en l'autre, et toutes deux nécessaires à l'élément du feu.

Lorsqu'on enleva cette plaque de fer qui couvroit l'ouverture supérieure du fourneau, et que la chaleur avoit fait rougir, il en sortit une vapeur légère et qui parut enflammée, mais qui se dissipa dans un instant : j'observai alors les pierres des parois du fourneau ; elles me parurent calcinées en très-grande partie et très-profondément : et en effet, ayant laissé refroidir le fourneau pendant dix jours, elles se sont trouvées calcinées jusqu'à deux pieds, et même deux pieds et demi de profondeur ; ce qui ne pouvoit provenir que de la chaleur que j'y avois renfermée pour faire mes expériences, attendu que, dans les autres fondages, le feu animé par les soufflets n'avoit jamais calciné les mêmes pierres à plus de huit pouces d'épaisseur dans les endroits où il est le plus vif, et seulement à deux ou trois pouces dans tout le reste, au lieu que toutes les pierres, depuis le creuset jusqu'au terre-plein du fourneau, ce qui fait une hauteur de vingt pieds, étoient généralement réduites en chaux d'un pied et demi, de deux

pieds, et même de deux pieds et demi d'épaisseur : comme cette chaleur renfermée n'avoit pu trouver d'issue, elle avoit pénétré les pierres bien plus profondément que la chaleur courante.

On pourroit tirer de cette expérience les moyens de cuire la pierre et de faire de la chaux à moindres frais, c'est-à-dire, de diminuer de beaucoup la quantité de bois en se servant d'un fourneau bien fermé au lieu de fourneaux ouverts ; il ne faudroit qu'une petite quantité de charbon pour convertir en chaux, dans moins de quinze jours, toutes les pierres contenues dans le fourneau, et les murs mêmes du fourneau à plus d'un pied d'épaisseur, s'il étoit bien exactement fermé.

Dès que le fourneau fut assez refroidi pour permettre aux ouvriers d'y travailler, on fut obligé d'en démolir tout l'intérieur du haut en bas, sur une épaisseur circulaire de quatre pieds ; on en tira cinquante-quatre muids de chaux, sur laquelle je fis les observations suivantes : 1°. Toute cette pierre, dont la calcination s'étoit faite à feu lent et concentré, n'étoit pas devenue aussi légère que la pierre calcinée à la manière ordinaire ; celle-ci,

comme je l'ai dit, perd à très-peu près la moitié de son poids, et celle de mon fourneau n'en avoit perdu qu'environ trois huitièmes. 2°. Elle ne saisit pas l'eau avec la même avidité que la chaux vive ordinaire: lorsqu'on l'y plonge, elle ne donne d'abord aucun signe de chaleur et d'ébullition; mais peu après elle se gonfle, se divise, et s'élève, en sorte qu'on n'a pas besoin de la remuer comme on remue la chaux vive ordinaire pour l'éteindre. 3°. Cette chaux a une saveur beaucoup plus âcre que la chaux commune; elle contient par conséquent beaucoup plus d'alcali fixe. 4°. Elle est infiniment meilleure, plus liante et plus forte que l'autre chaux, et tous les ouvriers n'en emploient qu'environ les deux tiers de l'autre, et assurent que le mortier est encore excellent. 5°. Cette chaux ne s'éteint à l'air qu'après un temps très-long, tandis qu'il ne faut qu'un jour ou deux pour réduire la chaux vive commune en poudre à l'air libre; celle-ci résiste à l'impression de l'air pendant un mois ou cinq semaines. 6°. Au lieu de se réduire en farine ou en poussière sèche comme la chaux commune, elle conserve son vo-

lume; et lorsqu'on la divise en l'écrasant, toute la masse paroît ductile et pénétrée d'une humidité grasse et liante, qui ne peut provenir que de l'humide de l'air que la pierre a puissamment attiré et absorbé pendant les cinq semaines de temps employées à son extinction. Au reste, la chaux que l'on tire communément des fourneaux de forge, a toutes ces mêmes propriétés : ainsi la chaleur obscure et lente produit encore ici les mêmes effets que le feu le plus vif et le plus violent.

Il sortit de cette démolition de l'intérieur du fourneau, deux cent trente-deux quartiers de pierres de taille, tous calcinés plus ou moins profondément; ces quartiers avoient communément quatre pieds de longueur : la plupart étoient en chaux jusqu'à dix-huit pouces, et les autres à deux pieds, et même deux pieds et demi; et cette portion calcinée se séparoit aisément du reste de la pierre, qui étoit saine et même plus dure que quand on l'avoit posée pour bâtir le fourneau. Cette observation m'engagea à faire les expériences suivantes.

QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

Je fis peser dans l'air et dans l'eau trois morceaux de ces pierres, qui, comme l'on voit, avoient subi la plus grande chaleur qu'elles pussent éprouver sans se réduire en chaux, et j'en comparai la pesanteur spécifique avec celle de trois autres morceaux à peu près du même volume, que j'avois fait prendre dans d'autres quartiers de cette même pierre qui n'avoient point été employés à la construction du fourneau, ni par conséquent chauffés, mais qui avoient été tirés de la même carrière neuf mois auparavant, et qui étoient restés à l'exposition du soleil et de l'air. Je trouvai que la pesanteur spécifique des pierres échauffées à ce grand feu pendant cinq mois avoit augmenté; qu'elle étoit constamment plus grande que celle de la même pierre non échauffée, d'un 81e sur le premier morceau, d'un 90e sur le second, et d'un 85e sur le troisième : donc la pierre chauffée au degré voisin de celui de sa calcination, gagne au moins un 86e de masse, au lieu qu'elle en perd trois huitièmes par la calcination, qui

ne suppose qu'un degré de chaleur de plus. Cette différence ne peut venir que de ce qu'à un certain degré de violente chaleur ou de feu, tout l'air et toute l'eau transformés en matière fixe dans la pierre reprennent leur première nature, leur élasticité, leur volatilité, et que dès lors ils se dégagent de la pierre et s'élèvent en vapeurs, que le feu enlève et entraîne avec lui : nouvelle preuve que la pierre calcaire est en très-grande partie composée d'air fixe et d'eau fixe saisis et transformés en matière solide par le filtre animal.

Après ces expériences, j'en fis d'autres sur cette même pierre échauffée à un moindre degré de chaleur, mais pendant un temps aussi long; je fis détacher pour cela trois morceaux des parois extérieures de la lunette de la tuyère, dans un endroit où la chaleur étoit à peu près de 95 degrés, parce que le soufre appliqué contre la muraille s'y ramollissoit et commençoit à fondre, et que ce degré de chaleur est à très-peu près celui auquel le soufre entre en fusion. Je trouvai, par trois épreuves semblables aux précédentes, que cette même pierre chauffée à ce degré pendant cinq mois, avoit augmenté

en pesanteur spécifique d'un 65e, c'est-à-dire, de presque un quart de plus que celle qui avoit éprouvé le degré de chaleur voisin de celui de la calcination, et je conclus de cette différence que l'effet de la calcination commençoit à se préparer dans la pierre qui avoit subi le plus grand feu, au lieu que celle qui n'avoit éprouvé qu'une moindre chaleur, avoit conservé toutes les parties fixes qu'elle y avoit déposées.

Pour me satisfaire pleinement sur ce sujet, et reconnoître si toutes les pierres calcaires augmentent en pesanteur spécifique par une chaleur constamment et long-temps appliquée, je fis six nouvelles épreuves sur deux autres espèces de pierres. Celle dont étoit construit l'intérieur de mon fourneau, et qui a servi aux expériences précédentes, s'appelle dans le pays *pierre à feu*, parce qu'elle résiste plus à l'action du feu que toutes les autres pierres calcaires. Sa substance est composée de petits graviers calcaires liés ensemble par un ciment pierreux qui n'est pas fort dur, et qui laisse quelques interstices vides; sa pesanteur est néanmoins plus grande que celle des autres pierres calcaires

d'environ un 20e. En ayant éprouvé plusieurs morceaux au feu de mes chaufferies, il a fallu pour les calciner plus du double du temps que celui qu'il falloit pour réduire en chaux les autres pierres; on peut donc être assuré que les expériences précédentes ont été faites sur la pierre calcaire la plus résistante au feu. Les pierres auxquelles je vais la comparer, étoient aussi de très-bonnes pierres calcaires dont on fait la plus belle taille pour les bâtimens: l'une a le grain fin et presque aussi serré que celui du marbre; l'autre a le grain un peu plus gros: mais toutes deux sont compactes et pleines; toutes deux font de l'excellente chaux grise, plus liante et plus forte que la chaux commune, qui est plus blanche.

En pesant dans l'air et dans l'eau trois morceaux chauffés et trois autres non chauffés de cette première pierre dont le grain étoit le plus fin, j'ai trouvé qu'elle avoit gagné un 56e en pesanteur spécifique, par l'application constante pendant cinq mois, d'une chaleur d'environ 90 degrés; ce que j'ai reconnu, parce qu'elle étoit voisine de celle dont j'avois fait casser les morceaux dans la voûte exté-

rieure du fourneau, et que le soufre ne fondoit plus contre ses parois : en ayant donc fait enlever trois morceaux encore chauds pour les peser et comparer avec d'autres morceaux de la même pierre qui étoient restés exposés à l'air libre, j'ai vu que l'un des morceaux avoit augmenté d'un 60e, le second d'un 62e, le troisième d'un 56e. Ainsi cette pierre à grain très-fin a augmenté en pesanteur spécifique de près d'un tiers de plus que la pierre à feu chauffée au degré voisin de celui de la calcination, et aussi d'environ un 7e de plus que cette même pierre à feu chauffée à 95 degrés, c'est-à-dire, à une chaleur à peu près égale.

La seconde pierre, dont le grain étoit moins fin, formoit une assise entière de la voûte extérieure du fourneau, et je fus maître de choisir les morceaux dont j'avois besoin pour l'expérience, dans un quartier qui avoit subi pendant le même temps de cinq mois le même degré 95 de chaleur que la pierre à feu : en ayant donc fait casser trois morceaux, et m'étant muni de trois autres qui n'avoient pas été chauffés, je trouvai que l'un de ces morceaux chauffés avoit augmenté

d'un 54e, le second d'un 63e, et le troisième d'un 66e ; ce qui donne pour la mesure moyenne un 61e d'augmentation en pesanteur spécifique.

Il résulte de ces expériences, 1°. que toute pierre calcaire chauffée pendant long-temps acquiert de la masse et devient plus pesante; cette augmentation ne peut venir que des particules de chaleur qui la pénètrent et s'y unissent par leur longue résidence, et qui dès lors en deviennent partie constituante sous une forme fixe : 2°. que cette augmentation de pesanteur spécifique, étant d'un 61e ou d'un 56e ou d'un 65e, ne se trouve varier ici que par la nature des différentes pierres; que celles dont le grain est le plus fin, sont celles dont la chaleur augmente le plus la masse, et dans lesquelles les pores étant plus petits, elle se fixe plus aisément et en plus grande quantité : 3°. que la quantité de chaleur qui se fixe dans la pierre, est encore bien plus grande que ne le désigne ici l'augmentation de la masse; car la chaleur, avant de se fixer dans la pierre, a commencé par en chasser toutes les parties humides qu'elle contenoit. On sait qu'en distillant la pierre

calcaire dans une cornue bien fermée, on tire de l'eau pure jusqu'à concurrence d'un seizième de son poids : mais comme une chaleur de 95 degrés, quoiqu'appliquée pendant cinq mois, pourroit néanmoins produire à cet égard de moindres effets que le feu violent qu'on applique au vaisseau dans lequel on distille la pierre, réduisons de moitié et même des trois quarts cette quantité d'eau enlevée à la pierre par la chaleur de 95 degrés; on ne pourra pas disconvenir que la quantité de chaleur qui s'est fixée dans cette pierre, ne soit d'abord d'un 60e indiqué par l'augmentation de la pesanteur spécifique, et encore d'un 64e pour le quart de la quantité d'eau qu'elle contenoit, et que cette chaleur aura fait sortir; en sorte qu'on peut assurer, sans craindre de se tromper, que la chaleur qui pénètre dans la pierre lui étant appliquée pendant long-temps, s'y fixe en assez grande quantité pour en augmenter la masse tout au moins d'un 30e, même dans la supposition qu'elle n'ait chassé pendant ce long temps que le quart de l'eau que la pierre contenoit.

CINQUIÈME EXPÉRIENCE.

TOUTES les pierres calcaires dont la pesanteur spécifique augmente par la longue application de la chaleur, acquièrent, par cette espèce de desséchement, plus de dureté qu'elles n'en avoient auparavant. Voulant reconnoître si cette dureté seroit durable, et si elles ne perdroient pas avec le temps, non seulement cette qualité, mais celle de l'augmentation de densité qu'elles avoient acquise par la chaleur, je fis exposer aux injures de l'air plusieurs parties de trois espèces de pierres qui avoient servi aux expériences précédentes, et qui toutes avoient été plus ou moins chauffées pendant cinq mois. Au bout de quinze jours, pendant lesquels il y avoit eu des pluies, je les fis sonder et frapper au marteau par le même ouvrier qui les avoit trouvées très-dures quinze jours auparavant: il reconnut avec moi que la pierre à feu, qui étoit la plus poreuse, et dont le grain étoit le plus gros, n'étoit déja plus aussi dure, et qu'elle se laissoit travailler plus aisément. Mais les deux autres espèces, et sur-tout celle dont le

grain étoit le plus fin, avoient conservé la même dureté ; néanmoins elles la perdirent en moins de six semaines : et, les ayant fait alors éprouver à la balance hydrostatique, je reconnus qu'elles avoient aussi perdu une assez grande quantité de la matière fixe que la chaleur y avoit déposée; néanmoins, au bout de plusieurs mois, elles étoient toujours spécifiquement plus pesantes d'un 150e ou d'un 160e que celles qui n'avoient point été chauffées. La différence devenant alors trop difficile à saisir entre ces morceaux et ceux qui n'avoient pas été chauffés, et qui tous étoient également exposés à l'air, je fus forcé de borner là cette expérience ; mais je suis persuadé qu'avec beaucoup de temps ces pierres auroient perdu toute leur pesanteur acquise. Il en est de même de la dureté : après quelques mois d'exposition à l'air, les ouvriers les ont traitées tout aussi aisément que les autres pierres de même espèce qui n'avoient point été chauffées.

Il résulte de cette expérience que les particules de chaleur qui se fixent dans la pierre, n'y sont, comme je l'ai dit, unies que par force; que, quoiqu'elle les conserve après

son entier refroidissement, et pendant assez long-temps, si on la préserve de toute humidité, elle les perd néanmoins peu à peu par les impressions de l'air et de la pluie, sans doute parce que l'air et l'eau ont plus d'affinité avec la pierre que les parties de la chaleur qui s'y étoient logées. Cette chaleur fixe n'est plus active ; elle est, pour ainsi dire, morte et entièrement passive : dès lors, bien loin de pouvoir chasser l'humidité, celle-ci la chasse à son tour, et reprend toutes les places qu'elle lui avoit cédées. Mais, dans d'autres matières qui n'ont pas avec l'eau autant d'affinité que la pierre calcaire, cette chaleur une fois fixée n'y demeure-t-elle pas constamment et à toujours? C'est ce que j'ai cherché à constater par l'expérience suivante.

SIXIÈME EXPÉRIENCE.

J'AI pris plusieurs morceaux de fonte de fer, que j'ai fait casser dans les gueuses qui avoient servi plusieurs fois à soutenir les parois de la cheminée de mon fourneau, et qui, par conséquent, avoient été chauffées

trois fois, pendant quatre ou cinq mois de suite, au degré de chaleur qui calcine la pierre; car ces gueuses avoient soutenu les pierres ou les briques de l'intérieur du fourneau, et n'étoient défendues de l'action immédiate du feu que par une pierre épaisse de trois ou quatre pouces, qui formoit le dernier rang des étalages du fourneau. Ces dernières pierres, ainsi que toutes les autres dont les étalages étoient construits, s'étoient réduites en chaux à chaque fondage, et la calcination avoit toujours pénétré de près de huit pouces dans celles qui étoient exposées à la plus violente action du feu. Ainsi les gueuses qui n'étoient recouvertes que de quatre pouces par ces pierres, avoient certainement subi le même degré de feu que celui qui produit la parfaite calcination de la pierre, et l'avoient, comme je l'ai dit, subi trois fois pendant quatre ou cinq mois de suite. Les morceaux de cette fonte de fer, que je fis casser, ne se séparèrent du reste de la gueuse qu'à coups de masse très-réitérés; au lieu que des gueuses de cette même fonte, mais qui n'avoient pas subi l'action du feu, étoient très-cassantes, et se séparoient en

morceaux aux premiers coups de masse. Je reconnus dès lors que cette fonte, chauffée à un aussi grand feu et pendant si long-temps, avoit acquis beaucoup plus de dureté et de ténacité qu'elle n'en avoit auparavant, beaucoup plus même à proportion que n'en avoient acquis les pierres calcaires. Par ce premier indice, je jugeai que je trouverois une différence encore plus grande dans la pesanteur spécifique de cette fonte si long-temps échauffée. Et en effet, le premier morceau que j'éprouvai à la balance hydrostatique, pesoit dans l'air quatre livres quatre onces trois gros, ou cinq cent quarante-sept gros; le même morceau pesoit dans l'eau trois livres onze onces deux gros et demi, c'est-à-dire, quatre cent soixante-quatorze gros et demi : la différence est de soixante-douze gros et demi. L'eau dont je me servois pour mes expériences pesoit exactement soixante-dix livres le pied cube, et le volume d'eau déplacé par celui du morceau de cette fonte, pesoit soixante-douze gros et demi. Ainsi soixante-douze gros et demi, poids du volume de l'eau déplacée par le morceau de fonte, sont à soixante-dix livres, poids du pied cube de l'eau, comme

cinq cent quarante-sept gros, poids du morceau de fonte, sont à cinq cent vingt-huit livres deux onces un gros quarante-sept grains, poids du pied cube de cette fonte; et ce poids excède beaucoup celui de cette même fonte lorsqu'elle n'a pas été chauffée : c'est une fonte blanche qui communément est très-cassante, et dont le poids n'est que de quatre cent quatre-vingt-quinze ou cinq cents livres tout au plus. Ainsi la pesanteur spécifique se trouve augmentée de vingt-huit sur cinq cents par cette très-longue application de la chaleur, ce qui fait environ un dix-huitième de la masse. Je me suis assuré de cette grande différence par cinq épreuves successives, pour lesquelles j'ai eu attention de prendre toujours des morceaux pesant chacun quatre livres au moins, et comparés un à un avec des morceaux de même figure et d'un volume à peu près égal; car quoiqu'il paroisse qu'ici la différence du volume, quelque grande qu'elle soit, ne devroit rien faire, et ne peut influer sur le résultat de l'opération de la balance hydrostatique, cependant ceux qui sont exercés à la manier se seront apperçus, comme moi, que les résultats sont toujours

plus justes lorsque les volumes des matières qu'on compare ne sont pas bien plus grands l'un que l'autre. L'eau, quelque fluide qu'elle nous paroisse, a néanmoins un certain petit degré de ténacité qui influe plus ou moins sur des volumes plus ou moins grands. D'ailleurs il y a très-peu de matières qui soient parfaitement homogènes ou égales en pesanteur dans toutes les parties extérieures du volume qu'on soumet à l'épreuve. Ainsi, pour obtenir un résultat sur lequel on puisse compter précisément, il faut toujours comparer des morceaux d'un volume approchant, et d'une figure qui ne soit pas bien différente; car si, d'une part, on pesoit un globe de fer de deux livres, et, d'autre part, une feuille de tôle du même poids, on trouveroit à la balance hydrostatique leur pesanteur spécifique différente, quoiqu'elle fût réellement la même.

Je crois que quiconque réfléchira sur les expériences précédentes et sur leurs résultats, ne pourra disconvenir que la chaleur très-long-temps appliquée aux différens corps qu'elle pénètre, ne dépose dans leur intérieur une très-grande quantité de particules qui deviennent parties constituantes de leur

masse, et qui s'y unissent et y adhèrent d'autant plus que les matières se trouvent avoir avec elles plus d'affinité et d'autres rapports de nature. Aussi, me trouvant muni de ces expériences, je n'ai pas craint d'avancer, dans mon *Traité des Élémens*, que les molécules de la chaleur se fixoient dans tous les corps, comme s'y fixent celles de la lumière et celles de l'air, dès qu'il est accompagné de chaleur ou de feu.

SIXIÈME MÉMOIRE.

Expériences sur la lumière, et sur la chaleur qu'elle peut produire.

Article premier.

Invention de miroirs pour brûler à de grandes distances.

L'histoire des miroirs ardens d'Archimède est fameuse; il les inventa pour la défense de sa patrie, et il lança, disent les anciens, le feu du soleil sur la flotte ennemie, qu'il réduisit en cendres lorsqu'elle approcha des remparts de Syracuse. Mais cette histoire, dont on n'a pas douté pendant quinze ou seize siècles, a d'abord été contredite, et ensuite traitée de fable dans ces derniers temps. Descartes, né pour juger et même pour surpasser Archimède, a prononcé contre lui d'un ton de maître : il a nié la possibilité de l'invention, et son opinion a

prévalu sur les témoignages et sur la croyance de toute l'antiquité : les physiciens modernes, soit par respect pour leur philosophe, soit par complaisance pour leurs contemporains, ont été de même avis. On n'accorde guère aux anciens que ce qu'on ne peut leur ôter : déterminés peut-être par ces motifs, dont l'amour-propre ne se sert que trop souvent sans qu'on s'en apperçoive, n'avons-nous pas naturellement trop de penchant à refuser ce que nous devons à ceux qui nous ont précédés ? et si notre siècle refuse plus qu'un autre, ne seroit-ce pas qu'étant plus éclairé, il croit avoir plus de droit à la gloire, plus de prétentions à la supériorité ?

Quoi qu'il en soit, cette invention étoit dans le cas de plusieurs autres découvertes de l'antiquité qui se sont évanouies, parce qu'on a préféré la facilité de les nier à la difficulté de les retrouver; et les miroirs ardens d'Archimède étoient si décriés, qu'il ne paroissoit pas possible d'en rétablir la réputation : car, pour appeler du jugement de Descartes, il falloit quelque chose de plus fort que des raisons, et il ne restoit qu'un moyen sûr et décisif, à la vérité, mais difficile et

hardi; c'étoit d'entreprendre de trouver les miroirs, c'est-à-dire, d'en faire qui puissent produire les mêmes effets. J'en avois conçu depuis long-temps l'idée, et j'avouerai volontiers que le plus difficile de la chose étoit de la voir possible, puisque, dans l'exécution, j'ai réussi au-delà même de mes espérances.

J'ai donc cherché le moyen de faire des miroirs pour brûler à de grandes distances, comme de cent, de deux cents et trois cents pieds. Je savois en général qu'avec les miroirs par réflexion, l'on n'avoit jamais brûlé qu'à quinze ou vingt pieds tout au plus, et qu'avec ceux qui sont réfringens, la distance étoit encore plus courte, et je sentois bien qu'il étoit impossible, dans la pratique, de travailler un miroir de métal ou de verre avec assez d'exactitude pour brûler à ces grandes distances; que pour brûler, par exemple, à deux cents pieds, la sphère ayant dans ce cas huit cents pieds de diamètre, on ne pouvoit rien espérer de la méthode ordinaire de travailler les verres; et je me persuadai bientôt que quand même on pourroit en trouver une nouvelle pour donner à de grandes pièces de verre ou de métal une courbure aussi légère,

il n'en résulteroit encore qu'un avantage très-peu considérable, comme je le dirai dans la suite.

Mais, pour aller par ordre, je cherchai d'abord combien la lumière du soleil perdoit par la réflexion à différentes distances, et quelles sont les matières qui la réfléchissent le plus fortement. Je trouvai premièrement que les glaces étamées, lorsqu'elles sont polies avec un peu de soin, réfléchissent plus puissamment la lumière que les métaux les mieux polis, et même mieux que le métal composé dont on se sert pour faire des miroirs de télescopes, et que quoiqu'il y ait dans les glaces deux réflexions, l'une à la surface, et l'autre à l'intérieur, elles ne laissent pas de donner une lumière plus vive et plus nette que le métal, qui produit une lumière colorée.

En second lieu, en recevant la lumière du soleil dans un endroit obscur, et en la comparant avec cette même lumière du soleil réfléchie par une glace, je trouvai qu'à de petites distances, comme de quatre ou cinq pieds, elle ne perdoit qu'environ moitié par la réflexion; ce que je jugeai en faisant tomber sur la première lumière réfléchie une seconde

lumière aussi réfléchie ; car la vivacité de ces deux lumières réfléchies me parut égale à celle de la lumière directe.

Troisièmement, ayant reçu à de grandes distances, comme à cent, deux cents et trois cents pieds, cette même lumière réfléchie par de grandes glaces, je reconnus qu'elle ne perdoit presque rien de sa force par l'épaisseur de l'air qu'elle avoit à traverser.

Ensuite je voulus essayer les mêmes choses sur la lumière des bougies; et, pour m'assurer plus exactement de la quantité d'affoiblissement que la réflexion cause à cette lumière, je fis l'expérience suivante.

Je me mis vis-à-vis une glace de miroir avec un livre à la main, dans une chambre où l'obscurité de la nuit étoit entière, et où je ne pouvois distinguer aucun objet; je fis allumer dans une chambre voisine, à quarante pieds de distance environ, une seule bougie, et je la fis approcher peu à peu, jusqu'à ce que je pusse distinguer les caractères et lire le livre que j'avois à la main : la distance se trouva de vingt-quatre pieds du livre à la bougie. Ensuite ayant retourné le livre du côté du miroir, je cherchai à lire

par cette même lumière réfléchie, et je fis intercepter par un paravent la partie de la lumière directe qui ne tomboit pas sur le miroir, afin de n'avoir sur mon livre que la lumière réfléchie : il fallut approcher la bougie, ce qu'on fit peu à peu, jusqu'à ce que je pusse lire les mêmes caractères éclairés par la lumière réfléchie ; et alors la distance du livre à la bougie, y compris celle du livre au miroir, qui n'étoit que d'un demi-pied, se trouva être en tout de quinze pieds. Je répétai cela plusieurs fois, et j'eus toujours les mêmes résultats, à très-peu près; d'où je conclus que la force ou la quantité de la lumière directe est à celle de la lumière réfléchie, comme 576 à 225. Ainsi l'effet de la lumière de cinq bougies reçues par une glace plane est à peu près égal à celui de la lumière directe de deux bougies.

La lumière des bougies perd donc plus par la réflexion que la lumière du soleil; et cette différence vient de ce que les rayons de lumière qui partent de la bougie comme d'un centre, tombent plus obliquement sur le miroir que les rayons du soleil, qui viennent presque parallélement. Cette expérience con-

firma donc ce que j'avois trouvé d'abord, et je tins pour sûr que la lumière du soleil ne perd qu'environ moitié par sa réflexion sur une glace de miroir.

Ces premières connoissances dont j'avois besoin étant acquises, je cherchai ensuite ce que deviennent en effet les images du soleil lorsqu'on les reçoit à de grandes distances. Pour bien entendre ce que je vais dire, il ne faut pas, comme on le fait ordinairement, considérer les rayons du soleil comme parallèles, et il faut se souvenir que le corps du soleil occupe à nos yeux une étendue d'environ 32 minutes; que par conséquent les rayons qui partent du bord supérieur du disque, venant à tomber sur un point d'une surface réfléchissante, les rayons qui partent du bord inférieur, venant à tomber aussi sur le même point de cette surface, ils forment entre eux un angle de 32 minutes dans l'incidence, et ensuite dans la réflexion, et que par conséquent l'image doit augmenter de grandeur à mesure qu'elle s'éloigne. Il faut de plus faire attention à la figure de ces images : par exemple, une glace plane quarrée d'un demi-pied, exposée

aux rayons du soleil, formera une image quarrée de six pouces, lorsqu'on recevra cette image à une petite distance de la glace, comme de quelques pieds; en s'éloignant peu à peu, on voit l'image augmenter, ensuite se déformer, enfin s'arrondir et demeurer ronde, toujours en s'agrandissant, à mesure qu'elle s'éloigne du miroir. Cette image est composée d'autant de disques du soleil qu'il y a de points physiques dans la surface réfléchissante : le point du milieu forme une image du disque; les points voisins en forment de semblables et de même grandeur qui excèdent un peu le disque du milieu; il en est de même de tous les autres points, et l'image est composée d'une infinité de disques, qui, se surmontant régulièrement, et anticipant circulairement les uns sur les autres, forment l'image réfléchie dont le point du milieu de la glace est le centre.

Si l'on reçoit l'image composée de tous ces disques à une petite distance, alors l'étendue qu'ils occupent n'étant qu'un peu plus grande que celle de la glace, cette image est de la même figure et à peu près de la même étendue que la glace. Si la glace est quarrée,

l'image est quarrée ; si la glace est triangulaire, l'image est triangulaire : mais lorsqu'on reçoit l'image à une grande distance de la glace, où l'étendue qu'occupent les disques est beaucoup plus grande que celle de la glace, l'image ne conserve plus la figure quarrée ou triangulaire de la glace ; elle devient nécessairement circulaire : et, pour trouver le point de distance où l'image perd sa figure quarrée, il n'y a qu'à chercher à quelle distance la glace nous paroît sous un angle égal à celui que forme le corps du soleil à nos yeux, c'est-à-dire, sous un angle de 32 minutes ; cette distance sera celle où l'image perdra sa figure quarrée, et deviendra ronde : car les disques ayant toujours pour diamètre une ligne égale à la corde de l'arc de cercle qui mesure un angle de 32 minutes, on trouvera, par cette règle, qu'une glace quarrée de six pouces perd sa figure quarrée à la distance d'environ soixante pieds, et qu'une glace d'un pied en quarré ne la perd qu'à cent vingt pieds environ, et ainsi des autres.

En réfléchissant un peu sur cette théorie, on ne sera plus étonné de voir qu'à de très-

grandes distances, une grande et une petite glace donnent à peu près une image de la même grandeur, et qui ne diffère que par l'intensité de la lumière : on ne sera plus surpris qu'une glace ronde, ou quarrée, ou longue, ou triangulaire, ou de telle autre figure que l'on voudra*, donne toujours des images rondes; et on verra clairement que les images ne s'agrandissent et ne s'affoiblissent pas par la dispersion de la lumière, ou par la perte qu'elle fait en traversant l'air, comme l'ont cru quelques physiciens, et que cela n'arrive, au contraire, que par l'augmentation des disques, qui occupent toujours un espace de 32 minutes, à quelque éloignement qu'on les porte.

De même on sera convaincu, par la simple exposition de cette théorie, que les courbes, de quelque espèce qu'elles soient, ne peuvent être employées avec avantage pour brûler de loin, parce que le diamètre du foyer de

* C'est par cette même raison que les petites images du soleil qui passent entre les feuilles des arbres élevés et touffus, qui tombent sur le sable d'une allée, sont toutes ovales ou rondes.

toutes les courbes ne peut jamais être plus petit que la corde de l'arc qui mesure un angle de 32 minutes, et que par conséquent le miroir concave le plus parfait dont le diamètre seroit égal à cette corde, ne feroit jamais le double de l'effet de ce miroir plan de même surface *; et si le diamètre de ce miroir courbe étoit plus petit que cette corde, il ne feroit guère plus d'effet qu'un miroir plan de même surface.

Lorsque j'eus bien compris ce que je viens d'exposer, je me persuadai bientôt, à n'en pouvoir douter, qu'Archimède n'avoit pu brûler de loin qu'avec des miroirs plans; car, indépendamment de l'impossibilité où l'on étoit alors, et où l'on seroit encore aujourd'hui, d'exécuter des miroirs concaves d'un aussi long foyer, je sentis bien que les réflexions que je viens de faire ne pouvoient pas avoir échappé à ce grand mathématicien. D'ailleurs je pensai que, selon toutes les apparences, les anciens ne savoient pas faire

* Si l'on se donne la peine de le supputer, on trouvera que le miroir courbe le plus parfait n'a d'avantage sur un miroir plan que dans la raison de 17 à 10, du moins à très-peu près.

de grandes masses de verre, qu'ils ignoroient l'art de le couler pour en faire de grandes glaces, qu'ils n'avoient tout au plus que celui de le souffler et d'en faire des bouteilles et des vases, et je me persuadai aisément que c'étoit avec des miroirs plans de métal poli, et par la réflexion des rayons du soleil, qu'Archimède avoit brûlé au loin : mais, comme j'avois reconnu que les miroirs de glace réfléchissent plus puissamment la lumière que les miroirs du métal le plus poli, je pensai à faire construire une machine pour faire coïncider au même point les images réfléchies par un grand nombre de ces glaces planes, bien convaincu que ce moyen étoit le seul par lequel il fût possible de réussir.

Cependant j'avois encore des doutes, et qui me paroissoient même très-bien fondés; car voici comment je raisonnois. Supposons que la distance à laquelle je veux brûler soit de deux cent quarante pieds : je vois clairement que le foyer de mon miroir ne peut avoir moins de deux pieds de diamètre à cette distance; dès lors quelle sera l'étendue que je serai obligé de donner à mon assemblage de miroirs plans pour produire du feu

dans un aussi grand foyer? elle pouvoit être si grande, que la chose eût été impraticable dans l'exécution : car, en comparant le diamètre du foyer au diamètre du miroir, dans les meilleurs miroirs par réflexion que nous ayons, par exemple, avec le miroir de l'académie, j'avois observé que le diamètre de ce miroir, qui est de trois pieds, étoit cent huit fois plus grand que le diamètre de son foyer, qui n'a qu'environ quatre lignes, et j'en concluois que, pour brûler aussi vivement à deux cent quarante pieds, il eût été nécessaire que mon assemblage de miroirs eût eu deux cent seize pieds de diamètre, puisque le foyer auroit deux pieds; or un miroir de deux cent seize pieds de diamètre étoit assurément une chose impossible.

A la vérité, ce miroir de trois pieds de diamètre brûle assez vivement pour fondre l'or, et je voulus voir combien j'avois à gagner en réduisant son action à n'enflammer que du bois : pour cela, j'appliquai sur le miroir des zones circulaires de papier pour en diminuer le diamètre, et je trouvai qu'il n'avoit plus assez de force pour enflammer du bois sec lorsque son diamètre fut réduit

à quatre pouces huit ou neuf lignes. Prenant donc cinq pouces ou soixante lignes pour l'étendue du diamètre nécessaire pour brûler avec un foyer de quatre lignes, je ne pouvois me dispenser de conclure que pour brûler également à deux cent quarante pieds, où le foyer auroit nécessairement deux pieds de diamètre, il me faudroit un miroir de trente pieds de diamètre; ce qui me paroissoit encore une chose impossible, ou du moins impraticable.

A des raisons si positives, et que d'autres auroient regardées comme des démonstrations de l'impossibilité du miroir, je n'avois rien à opposer qu'un soupçon, mais un soupçon ancien, et sur lequel plus j'avois réfléchi, plus je m'étois persuadé qu'il n'étoit pas sans fondement : c'est que les effets de la chaleur pouvoient bien n'être pas proportionnels à la quantité de lumière ; ou, ce qui revient au même, qu'à égale intensité de lumière, les grands foyers devoient brûler plus vivement que les petits.

En estimant la chaleur mathématiquement, il n'est pas douteux que la force des foyers de même longueur ne soit propor-

nelle à la surface des miroirs. Un miroir dont la surface est double de celle d'un autre doit avoir un foyer de la même grandeur, si la courbure est la même; et ce foyer de même grandeur doit contenir le double de la quantité de lumière que contient le premier foyer; et, dans la supposition que les effets sont toujours proportionnels à leurs causes, on avoit toujours cru que la chaleur de ce second foyer devoit être double de celle du premier.

De même et par la même estimation mathématique, on a toujours cru qu'à égale intensité de lumière, un petit foyer devoit brûler autant qu'un grand, et que l'effet de la chaleur devoit être proportionnel à cette intensité de lumière : *en sorte*, disoit Descartes, *qu'on peut faire des verres ou des miroirs extrêmement petits qui brûleront avec autant de violence que les plus grands.* Je pensai d'abord, comme je l'ai dit ci-dessus, que cette conclusion, tirée de la théorie mathématique, pourroit bien se trouver fausse dans la pratique, parce que la chaleur étant une qualité physique, de l'action et de la propagation de laquelle nous ne connoissons

pas bien les lois, il me sembloit qu'il y avoit quelque espèce de témérité à en estimer ainsi les effets par un raisonnement de simple spéculation.

J'eus donc recours encore une fois à l'expérience : je pris des miroirs de métal de différens foyers et de différens degrés de poliment; et, en comparant l'action des différens foyers sur les mêmes matières fusibles ou combustibles, je trouvai qu'à égale intensité de lumière, les grands foyers font constamment beaucoup plus d'effet que les petits, et produisent souvent l'inflammation ou la fusion, tandis que les petits ne produisent qu'une chaleur médiocre: je trouvai la même chose avec les miroirs par réfraction. Pour le faire mieux sentir, prenons, par exemple, un grand miroir ardent par réfraction, tel que celui du sieur Segard, qui a trente-deux pouces de diamètre, et un foyer de huit lignes de largeur, à six pieds de distance, auquel foyer le cuivre se fond en moins d'une minute, et faisons dans les mêmes proportions un petit verre ardent de trente-deux lignes de diamètre, dont le foyer sera de $\frac{8}{12}$ ou $\frac{2}{3}$ de ligne, et la distance à six

pouces. Puisque le grand miroir fond le cuivre en une minute dans l'étendue entière de son foyer, qui est de huit lignes, le petit verre devroit, selon la théorie, fondre dans le même temps la même matière dans l'étendue de son foyer, qui est de $\frac{2}{3}$ de ligne. Ayant fait l'expérience, j'ai trouvé, comme je m'y attendois bien, que loin de fondre le cuivre, ce petit verre ardent pouvoit à peine donner un peu de chaleur à cette matière.

La raison de cette différence est aisée à donner, si l'on fait attention que la chaleur se communique de proche en proche, et se disperse, pour ainsi dire, lors même qu'elle est appliquée continuellement sur le même point : par exemple, si l'on fait tomber le foyer d'un verre ardent sur le centre d'un écu, et que ce foyer n'ait qu'une ligne de diamètre, la chaleur qu'il produit sur le centre de l'écu se disperse et s'étend dans le volume entier de l'écu, et il devient chaud jusqu'à la circonférence; dès lors toute la chaleur, quoiqu'employée d'abord contre le centre de l'écu, ne s'y arrête pas, et ne peut pas produire un aussi grand effet que si elle

y demeuroit toute entière. Mais si au lieu d'un foyer d'une ligne qui tombe sur le milieu de l'écu, on fait tomber sur l'écu tout entier un foyer d'égale intensité, toutes les parties de l'écu étant également échauffées dans ce dernier cas, non seulement il n'y a pas de perte de chaleur comme dans le premier, mais même il y a du gain et de l'augmentation de chaleur; car le point du milieu profitant de la chaleur des autres points qui l'environnent, l'écu sera fondu dans ce dernier cas, tandis que, dans le premier, il ne sera que légèrement échauffé.

Après avoir fait ces expériences et ces réflexions, je sentis augmenter prodigieusement l'espérance que j'avois de réussir à faire des miroirs qui brûleroient au loin; car je commençai à ne plus craindre autant que je l'avois craint d'abord, la grande étendue des foyers : je me persuadai, au contraire, qu'un foyer d'une largeur considérable, comme de deux pieds, et dans lequel l'intensité de la lumière ne seroit pas à beaucoup près aussi grande que dans un petit foyer, comme de quatre lignes, pourroit cependant produire avec plus de force l'inflammation et l'em-

brasement, et que par conséquent ce miroir, qui, par la théorie mathématique, devoit avoir au moins trente pieds de diamètre, se réduiroit sans doute à un miroir de huit ou dix pieds tout au plus; ce qui est non seulement une chose possible, mais même très-praticable.

Je pensai donc sérieusement à exécuter mon projet: d'abord j'avois dessein de brûler à deux cents ou trois cents pieds avec des glaces circulaires ou hexagones d'un pied quarré de surface, et je voulois faire quatre châssis de fer pour les porter, avec trois vis à chacune pour les mouvoir en tout sens, et un ressort pour les assujettir; mais la dépense trop considérable qu'exigeoit cet ajustement, me fit abandonner cette idée, et je me rabattis à des glaces communes de six pouces sur huit pouces, et un ajustement en bois, qui, à la vérité, est moins solide et moins précis, mais dont la dépense convenoit mieux à une tentative. M. Passemant, dont l'habileté dans les mécaniques est connue même de l'académie, se chargea de ce détail; et je n'en ferai pas la description, parce qu'un coup d'œil sur le miroir en fera

mieux entendre la construction qu'un long discours *.

Il suffira de dire qu'il a d'abord été composé de cent soixante-huit glaces étamées de six pouces sur huit pouces chacune, éloignées les unes des autres d'environ quatre lignes ; que chacune de ces glaces se peut mouvoir en tout sens, et indépendamment de toutes, et que les quatre lignes d'intervalle qui sont entre elles, servent non seulement à la liberté de ce mouvement, mais aussi à laisser voir à celui qui opère, l'endroit où il faut conduire ses images. Au moyen de cette construction, l'on peut faire tomber sur le même point les cent soixante-huit images, et par conséquent brûler à plusieurs distances, comme à vingt, trente, et jusqu'à cent cinquante pieds, et à toutes les distances intermédiaires ; et en augmentant la grandeur du miroir, ou en faisant d'autres miroirs semblables au premier, on est sûr de porter le feu à de plus grandes distances encore, ou d'en augmenter autant qu'on

* Voyez, ci-après, les planches VII, VIII et IX, avec l'explication des figures 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7.

voudra, la force ou l'activité à ces premières distances.

Seulement il faut observer que le mouvement dont j'ai parlé, n'est point trop aisé à exécuter, et que d'ailleurs il y a un grand choix à faire dans les glaces : elles ne sont pas toutes à beaucoup près également bonnes, quoiqu'elles paroissent telles à la première inspection; j'ai été obligé d'en prendre plus de cinq cents pour avoir les cent soixante-huit dont je me suis servi. La manière de les essayer est de recevoir à une grande distance, par exemple, à cent cinquante pieds, l'image réfléchie du soleil comme un plan vertical; il faut choisir celles qui donnent une image ronde et bien terminée, et rebuter toutes les autres qui sont en beaucoup plus grand nombre, et dont les épaisseurs étant inégales en différens endroits, ou la surface un peu concave ou convexe, au lieu d'être plane, donnent des images mal terminées, doubles, triples, oblongues, chevelues, etc. suivant les différentes défectuosités qui se trouvent dans les glaces.

Par la première expérience, que j'ai faite le 23 mars 1747 à midi, j'ai mis le feu à

soixante-six pieds de distance à une planche de hêtre goudronnée, avec quarante glaces seulement, c'est-à-dire, avec le quart du miroir environ; mais il faut observer que, n'étant pas encore monté sur son pied, il étoit posé très-désavantageusement, faisant avec le soleil un angle de près de 20 degrès de déclinaison, et un autre de plus de 10 degrés d'inclinaison.

Le même jour, j'ai mis le feu à une planche goudronnée et soufrée à cent vingt-six pieds de distance avec quatre-vingt-dix-huit glaces, le miroir étant posé encore plus désavantageusement. On sent bien que, pour brûler avec le plus d'avantage, il faut que le miroir soit directement opposé au soleil, aussi-bien que les matières qu'on veut enflammer; en sorte qu'en supposant un plan perpendiculaire sur le plan du miroir, il faut qu'il passe par le soleil, et en même temps par le milieu des matières combustibles.

Le 3 avril, à quatre heures du soir, le miroir étant monté et posé sur son pied, on a produit une légère inflammation sur une planche couverte de laine hachée à cent

trente-huit pieds de distance avec cent douze glaces, quoique le soleil fût foible, et que la lumière en fût fort pâle. Il faut prendre garde à soi lorsqu'on approche de l'endroit où sont les matières combustibles, et il ne faut pas regarder le miroir ; car si malheureusement les yeux se trouvoient au foyer, on seroit aveuglé par l'éclat de la lumière.

Le 4 avril, à onze heures du matin, le soleil étant fort pâle et couvert de vapeurs et de nuages légers, on n'a pas laissé de produire, avec cent cinquante-quatre glaces, à cent cinquante pieds de distance, une chaleur si considérable, qu'elle a fait, en moins de deux minutes, fumer une planche goudronnée, qui se seroit certainement enflammée, si le soleil n'avoit pas disparu tout-à-coup.

Le lendemain, 5 avril, à trois heures après midi, par un soleil encore plus foible que le jour précédent, on a enflammé, à cent cinquante pieds de distance, des copeaux de sapin soufrés et mêlés de charbon, en moins d'une minute et demie, avec cent cinquante-quatre glaces. Lorsque le soleil est vif, il ne

faut que quelques secondes pour produire l'inflammation.

Le 10 avril, après midi, par un soleil assez net, on a mis le feu à une planche de sapin goudronnée à cent cinquante pieds, avec cent vingt-huit glaces seulement : l'inflammation a été très-subite, et elle s'est faite dans toute l'étendue du foyer, qui avoit environ seize pouces de diamètre à cette distance.

Le même jour, à deux heures et demie, on a porté le feu sur une planche de hêtre goudronnée en partie et couverte en quelques endroits de laine hachée ; l'inflammation s'est faite très-promptement ; elle a commencé par les parties du bois qui étoient découvertes ; et le feu étoit si violent, qu'il a fallu tremper dans l'eau la planche pour l'éteindre : il y avoit cent quarante-huit glaces, et la distance étoit de cent cinquante pieds.

Le 11 avril, le foyer n'étant qu'à vingt pieds de distance du miroir, il n'a fallu que douze glaces pour enflammer de petites matières combustibles. Avec vingt-une glaces, on a mis le feu à une planche de hêtre qui

avoit déja été brûlée en partie ; avec quarante-cinq glaces, on a fondu un gros flacon d'étain qui pesoit environ six livres ; et avec cent dix-sept glaces, on a fondu des morceaux d'argent mince, et rougi une plaque de tôle : et je suis persuadé qu'à cinquante pieds on fondra les métaux aussi bien qu'à vingt, en employant toutes les glaces du miroir; et comme le foyer à cette distance est large de six à sept pouces, on pourra faire des épreuves en grand sur les métaux*; ce qu'il n'étoit pas possible de faire avec les miroirs ordinaires, dont le foyer est ou

* Par des expériences subséquentes, j'ai reconnu que la distance la plus avantageuse pour faire commodément avec ces miroirs des épreuves sur les métaux, étoit à quarante ou quarante-cinq pieds. Les assiettes d'argent que j'ai fondues à cette distance avec deux cent vingt-quatre glaces, étoient bien nettes, en sorte qu'il n'étoit pas possible d'attribuer la fumée très-abondante qui en sortoit, à la graisse, ou à d'autres matières dont l'argent se seroit imbibé, et comme se le persuadoient les gens témoins de l'expérience. Je la répétai néanmoins sur des plaques d'argent toutes neuves, et j'eus le même effet. Le métal fumoit très abondamment, quelquefois pendant plus de huit ou dix minutes avant de

très-foible, ou cent fois plus petit que celui de mon miroir. J'ai remarqué que les métaux, et sur-tout l'argent, fument beaucoup avant de se fondre : la fumée en étoit si sensible, qu'elle faisoit ombre sur le terrain ; et c'est là que je l'observois attentivement : car il n'est pas possible de regarder un instant le foyer, lorsqu'il tombe sur du métal ; l'éclat en est beaucoup plus vif que celui du soleil.

Les expériences que j'ai rapportées ci-dessus, et qui ont été faites dans les premiers temps de l'invention de ces miroirs, ont été suivies d'un grand nombre d'autres expé-

se fondre. J'avois dessein de recueillir cette fumée d'argent par le moyen d'un chapiteau et d'un ajustement semblable à celui dont on se sert dans les distillations, et j'ai toujours eu regret que mes autres occupations m'en aient empêché ; car cette manière de tirer l'eau du métal, est peut-être la seule qu'on puisse employer. Et si l'on prétend que cette fumée, qui m'a paru humide, ne contient pas de l'eau, il sera toujours très-utile de savoir ce que c'est, car il se peut aussi que ce ne soit que du métal volatilisé. D'ailleurs je suis persuadé qu'en faisant les mêmes épreuves sur l'or, on le verra fumer comme l'argent, peut-être moins, peut-être plus.

riences qui confirment les premières. J'ai enflammé du bois jusqu'à deux cents et même deux cent dix pieds avec ce même miroir, par le soleil d'été, toutes les fois que le ciel étoit pur; et je crois pouvoir assurer qu'avec quatre semblables miroirs on brûleroit à quatre cents pieds, et peut-être plus loin. J'ai de même fondu tous les métaux et minéraux métalliques à vingt-cinq, trente et quarante pieds. On trouvera, dans la suite de cet article, les usages auxquels on peut appliquer ces miroirs, et les limites qu'on doit assigner à leur puissance pour la calcination, la combustion, la fusion, etc.

Il faut environ une demi-heure pour monter le miroir, et pour faire coïncider toutes les images au même point : mais lorsqu'il est une fois ajusté, on peut s'en servir à toute heure, en tirant seulement un rideau ; il mettra le feu aux matières combustibles très-promptement, et on ne doit pas le déranger, à moins qu'on ne veuille changer la distance : par exemple, lorsqu'il est arrangé pour brûler à cent pieds, il faut une demi-heure pour l'ajuster à la distance

de cent cinquante pieds, et ainsi des autres.

Ce miroir brûle en haut, en bas et horizontalement, suivant la différente inclinaison qu'on lui donne. Les expériences que je viens de rapporter, ont été faites publiquement au Jardin du roi, sur un terrain horizontal, contre des planches posées verticalement. Je crois qu'il n'est pas nécessaire d'avertir qu'il auroit brûlé avec plus de force en haut et moins de force en bas; et de même, qu'il est plus avantageux d'incliner le plan des matières combustibles parallèlement au plan du miroir. Ce qui fait qu'il a cet avantage de brûler en haut, en bas et horizontalement, sur les miroirs ordinaires de réflexion qui ne brûlent qu'en haut, c'est que son foyer est fort éloigné, et qu'il a si peu de courbure qu'elle est insensible à l'œil : il est large de sept pieds, et haut de huit pieds; ce qui ne fait qu'environ la cent cinquantième partie de la circonférence de la sphère, lorsqu'on brûle à cent cinquante pieds.

La raison qui m'a déterminé à préférer des glaces de six pouces de largeur sur huit pouces de hauteur, à des glaces quarrées de

six ou huit pouces, c'est qu'il est beaucoup plus commode de faire les expériences sur un terrain horizontal et de niveau que de les faire de bas en haut, et qu'avec cette figure plus haute que large, les images étoient plus rondes, au lieu qu'avec des glaces quarrées elles auroient été raccourcies, sur-tout pour les petites distances, dans cette situation horizontale.

Cette découverte nous fournit plusieurs choses utiles pour la physique, et peut-être pour les arts. On sait que ce qui rend les miroirs ordinaires de réflexion presque inutiles pour les expériences, c'est qu'ils brûlent toujours en haut, et qu'on est fort embarrassé de trouver des moyens pour suspendre ou soutenir à leur foyer les matières qu'on veut fondre ou calciner. Au moyen de mon miroir, on fera brûler en bas les miroirs concaves, et avec un avantage si considérable, qu'on aura une chaleur de tel degré qu'on voudra : par exemple, en opposant à mon miroir un miroir concave d'un pied quarré de surface, la chaleur que ce dernier miroir produira à son foyer, en employant cent cinquante-quatre glaces seulement, sera plus

de douze fois plus grande que celle qu'il produit ordinairement, et l'effet sera le même que s'il existoit douze soleils au lieu d'un, ou plutôt que si le soleil avoit douze fois plus de chaleur.

Secondement, on aura, par le moyen de mon miroir, la vraie échelle de l'augmentation de la chaleur, et on fera un thermomètre réel, dont les divisions n'auront plus rien d'arbitraire, depuis la température de l'air jusqu'à tel degré de chaleur qu'on voudra, en faisant tomber une à une successivement les images du soleil les unes sur les autres, et en graduant les intervalles, soit au moyen d'une liqueur expansive, soit au moyen d'une machine de dilatation ; et de là nous saurons en effet ce que c'est qu'une augmentation double, triple, quadruple, etc. de chaleur*, et nous connoîtrons les matières

* Feu M. de Mairan a fait une épreuve avec trois glaces seulement, et a trouvé que les augmentations du double et du triple de chaleur étoient comme les divisions du thermomètre de Réaumur ; mais on ne doit rien conclure de cette expérience, qui n'a donné lieu à ce résultat que par une espèce de hasard. Voyez sur ce sujet mon *Traité des Élémens*.

dont l'expansion ou les autres effets seront les plus convenables pour mesurer les augmentations de chaleur.

Troisièmement, nous saurons au juste combien de fois il faut la chaleur du soleil pour brûler, fondre ou calciner différentes matières, ce qu'on ne savoit estimer jusqu'ici que d'une manière vague et fort éloignée de la vérité; et nous serons en état de faire des comparaisons précises de l'activité de nos feux avec celle du soleil, et d'avoir sur cela des rapports exacts et des mesures fixes et invariables.

Enfin on sera convaincu, lorsqu'on aura examiné la théorie que j'ai donnée, et qu'on aura vu l'effet de mon miroir, que le moyen que j'ai employé étoit le seul par lequel il fût possible de réussir à brûler au loin: car, indépendamment de la difficulté physique de faire de grands miroirs concaves, sphériques, paraboliques, ou d'une autre courbure quelconque assez régulière pour brûler à cent cinquante pieds, on se démontrera aisément à soi-même qu'ils ne produiroient qu'à peu près autant d'effet que le mien, parce que le foyer en seroit presque aussi large; que de

plus, ces miroirs courbes, quand même il seroit possible de les exécuter, auroient le désavantage très-grand de ne brûler qu'à une seule distance, au lieu que le mien brûle à toutes les distances; et par conséquent on abandonnera le projet de faire, par le moyen des courbes, des miroirs pour brûler au loin; ce qui a occupé inutilement un grand nombre de mathématiciens et d'artistes qui se trompoient toujours, parce qu'ils considéroient les rayons du soleil comme parallèles, au lieu qu'il faut les considérer ici tels qu'ils sont, c'est-à-dire, comme faisant des angles de toute grandeur, depuis zéro jusqu'à 32 minutes; ce qui fait qu'il est impossible, quelque courbure qu'on donne à un miroir, de rendre le diamètre du foyer plus petit que la corde de l'arc qui mesure cet angle de 32 minutes. Ainsi, quand même on pourroit faire un miroir concave pour brûler à une grande distance, par exemple, à cent cinquante pieds, en le travaillant dans tous ses points sur une sphère de six cents pieds de diamètre, et en employant une masse énorme de verre ou de métal, il est clair qu'on aura à peu près autant d'avantage

à n'employer au contraire que de petits miroirs plans.

Au reste, comme tout a des limites, quoique mon miroir soit susceptible d'une plus grande perfection, tant pour l'ajustement que pour plusieurs autres choses, et que je compte bien en faire un autre dont les effets seront supérieurs, cependant il ne faut pas espérer qu'on puisse jamais brûler à de très-grandes distances : car pour brûler, par exemple, à une demi-lieue, il faudroit un miroir deux mille fois plus grand que le mien ; et tout ce qu'on pourra jamais faire, est de brûler à huit ou neuf cents pieds tout au plus. Le foyer, dont le mouvement correspond toujours à celui du soleil, marche d'autant plus vîte qu'il est plus éloigné du miroir ; et à neuf cents pieds de distance, il feroit un chemin d'environ six pieds par minute.

Il n'est pas nécessaire d'avertir qu'on peut faire, avec de petits morceaux plats de glace ou de métal, des miroirs dont les foyers seront variables, et qui brûleront à de petites distances avec une grande vivacité ; et, en les montant à peu près comme l'on monte

les parasols, il ne faudroit qu'un seul mouvement pour en ajuster le foyer.

Maintenant que j'ai rendu compte de ma découverte et du succès de mes expériences, je dois rendre à Archimède et aux anciens la gloire qui leur est due. Il est certain qu'Archimède a pu faire avec des miroirs de métal ce que je fais avec des miroirs de verre; il est sûr qu'il avoit plus de lumières qu'il n'en faut pour imaginer la théorie qui m'a guidé et la mécanique que j'ai fait exécuter, et que par conséquent on ne peut lui refuser le titre de premier inventeur de ces miroirs, que l'occasion où il sut les employer, rendit sans doute plus célèbres que le mérite de la chose même.

Pendant le temps que je travaillois à ces miroirs, j'ignorois le détail de tout ce qu'en ont dit les anciens; mais, après avoir réussi à les faire, je fus bien aise de m'en instruire. Feu M. Melot, de l'académie des belles-lettres, et l'un des gardes de la Bibliothèque du roi, dont la grande érudition et les talens étoient connus de tous les savans, eut la bonté de me communiquer une excellente dissertation qu'il avoit faite sur ce sujet, dans laquelle il

rapporte les témoignages de tous les auteurs qui ont parlé des miroirs ardens d'Archimède. Ceux qui en parlent le plus clairement, sont Zonaras et Tzetzès, qui vivoient tous deux dans le douzième siècle. Le premier dit qu'Archimède, avec ses miroirs ardens, mit en cendres toute la flotte des Romains. *Ce géomètre*, dit-il, *ayant reçu les rayons du soleil sur un miroir, à l'aide de ces rayons rassemblés et réfléchis par l'épaisseur et le poli du miroir, il embrasa l'air, et alluma une grande flamme qu'il lança toute entière sur les vaisseaux qui mouilloient dans la sphère de son activité, et qui furent tous réduits en cendres.* Le même Zonaras rapporte aussi qu'au siége de Constantinople, sous l'empire d'Anastase, l'an 514 de Jésus-Christ, Proclus brûla, avec des miroirs d'airain, la flotte de Vitalien, qui assiégeoit Constantinople; et il ajoute que ces miroirs étoient une découverte ancienne, et que l'historien Dion en donne l'honneur à Archimède, qui la fit et s'en servit contre les Romains, lorsque Marcellus fit le siége de Syracuse.

Tzetzès non seulement rapporte et assure le fait des miroirs, mais même il en explique

en quelque façon la construction. *Lorsque les vaisseaux romains*, dit-il, *furent à la portée du trait, Archimède fit faire une espèce de miroir hexagone, et d'autres plus petits de vingt-quatre angles chacun, qu'il plaça dans une distance proportionnée, et qu'on pouvoit mouvoir à l'aide de leurs charnières et de certaines lames de métal : il plaça le miroir hexagone de façon qu'il étoit coupé par le milieu par le méridien d'hiver et d'été, en sorte que les rayons du soleil reçus sur ce miroir, venant à se briser, allumèrent un grand feu qui réduisit en cendres les vaisseaux romains, quoiqu'ils fussent éloignés de la portée d'un trait.* Ce passage me paroît assez clair : il fixe la distance à laquelle Archimède a brûlé ; la portée du trait ne peut guère être que de cent cinquante ou deux cents pieds : il donne l'idée de la construction, et fait voir que le miroir d'Archimède pouvoit être, comme le mien, composé de plusieurs petits miroirs qui se mouvoient par des mouvemens de charnières et de ressorts ; et enfin il indique la position du miroir, en disant que le miroir hexagone, autour duquel étoient sans doute les miroirs

plus petits, étoit coupé par le méridien, ce qui veut dire apparemment que le miroir doit être opposé directement au soleil : d'ailleurs le miroir hexagone étoit probablement celui dont l'image servoit de mire pour ajuster les autres, et cette figure n'est pas tout-à-fait indifférente, non plus que celle de vingt-quatre angles ou vingt-quatre côtés des petits miroirs. Il est aisé de sentir qu'il y a en effet de l'avantage à donner à ces miroirs une figure polygone d'un grand nombre de côtés égaux, afin que la quantité de lumière soit moins inégalement répartie dans l'image réfléchie ; et elle sera répartie le moins inégalement qu'il est possible lorsque les miroirs seront circulaires. J'ai bien vu qu'il y avoit de la perte à employer des miroirs quadrangulaires, longs de six pouces sur huit pouces ; mais j'ai préféré cette forme, parce qu'elle est, comme je l'ai dit, plus avantageuse pour brûler horizontalement.

J'ai aussi trouvé, dans la même dissertation de M. Melot, que le P. Kircher avoit écrit qu'Archimède avoit pu brûler à une grande distance avec des miroirs plans, et que

l'expérience lui avoit appris qu'en réunissant de cette façon les images du soleil, on produisoit une chaleur considérable au point de réunion.

Enfin, dans les *Mémoires de l'académie*, année 1726, M. du Fay, dont j'honorerai toujours la mémoire et les talens, paroît avoir touché à cette découverte : il dit qu'*ayant reçu l'image du soleil sur un miroir plan d'un pied en quarré, et l'ayant portée jusqu'à six cents pieds sur un miroir concave de dix-sept pouces de diamètre, elle avoit encore la force de brûler des matières combustibles au foyer de ce dernier miroir;* et à la fin de son Mémoire il dit que *quelques auteurs* (il veut sans doute parler du P. Kircher) *ont proposé de former un miroir d'un très-long foyer par un grand nombre de petits miroirs plans, que plusieurs personnes tiendroient à la main, et dirigeroient de façon que les images du soleil formées par chacun de ces miroirs concourroient en un même point, et que ce seroit peut-être la façon de réussir la plus sûre et la moins difficile à exécuter.* Un peu de réflexion sur l'expérience du miroir concave et sur ce

projet auroit porté M. du Fay à la découverte du miroir d'Archimède, qu'il traite cependant de fable un peu plus haut; car il me paroît qu'il étoit tout naturel de conclure de son expérience, que puisqu'un miroir concave de dix-sept pouces de diamètre sur lequel l'image du soleil ne tomboit pas toute entière, à beaucoup près, peut cependant brûler par cette seule partie l'image du soleil réfléchie à six cents pieds dans un foyer que je suppose large de trois lignes, onze cent cinquante-six miroirs plans semblables au premier miroir réfléchissant doivent à plus forte raison brûler directement à cette distance de six cents pieds, et que par conséquent deux cent quatre-vingt-neuf miroirs plans auroient été plus que suffisans pour brûler à trois cents pieds, en réunissant les deux cent quatre-vingt-neuf images: mais, en fait de découverte, le dernier pas, quoique souvent le plus facile, est cependant celui qu'on fait le plus rarement.

Mon Mémoire, tel qu'on vient de le lire, a été imprimé dans le volume de l'*Académie des sciences*, année 1747, sous le titre : *Invention des miroirs pour brûler à une*

grande distance. Feu M. Bouguer, et quelques autres membres de cette savante compagnie, m'ayant fait plusieurs objections, tirées principalement de la doctrine de Descartes dans son *Traité de Dioptrique*, je crus devoir y répondre par le Mémoire suivant, qui fut lu à l'académie la même année, mais que je ne fis pas imprimer par ménagement pour mes adversaires en opinion. Cependant, comme il contient plusieurs choses utiles, et qu'il pourra servir de préservatif contre les erreurs contenues dans quelques livres d'optique, sur-tout dans celui de la *Dioptrique* de Descartes, que d'ailleurs il sert d'explication et de suite au Mémoire précédent, j'ai jugé à propos de les joindre ici et de les publier ensemble.

Fin du tome cinquième.

TABLE

Des articles contenus dans ce volume.

INTRODUCTION A L'HIST. DES MINÉRAUX.

Des Élémens.

DE L'IMPRIMERIE DE PLASSAN.


SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 00770 6732